



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΣΤΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Προσομοίωση Φυσιολογικών Συστημάτων

Εργαστηριακή Αναφορά 4

Θέμα: Προσομοίωση Εξέλιξης Καρκινικών Όγκων

Στοιχεία Φοιτητή: Ονοματεπώνυμο: Αναστάσιος Παπαζαφειρόπουλος

Αριθμός Μητρώου: 03118079

Ακαδημαϊκό έτος: 2022-2023

---

- 1) Εξέλιξη ενός μέτρια ακτινοευαίσθητου όγκου χωρίς ακτινοθεραπεία για μία εβδομάδα:

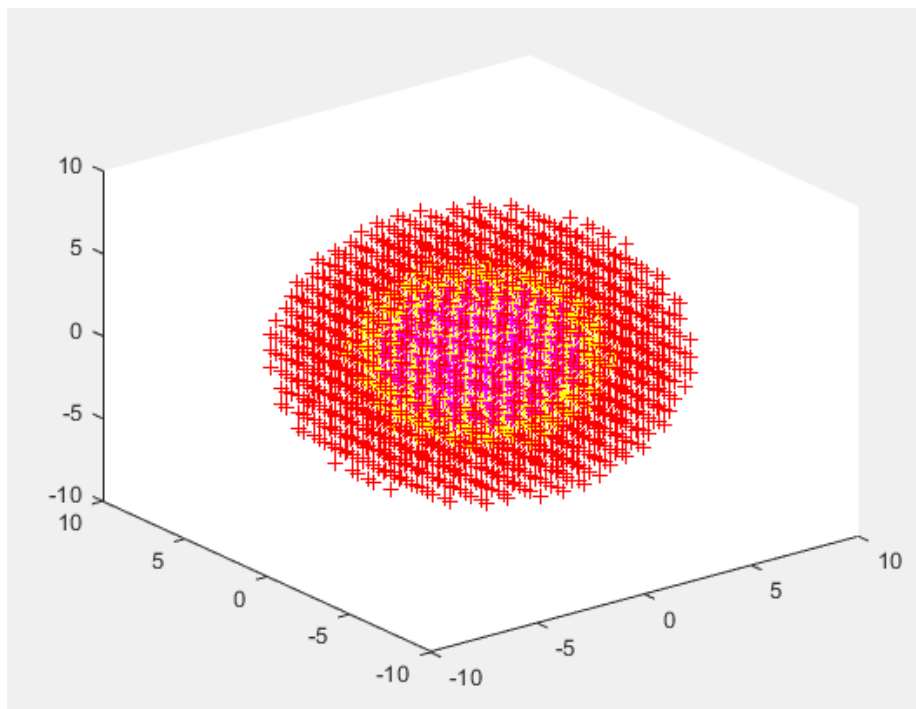
Ακολουθώντας τις δοθείσες οδηγίες στο *command window* του MATLAB ορίζουμε:

$a = [0.4 \ 0.3 \ 0.2];$

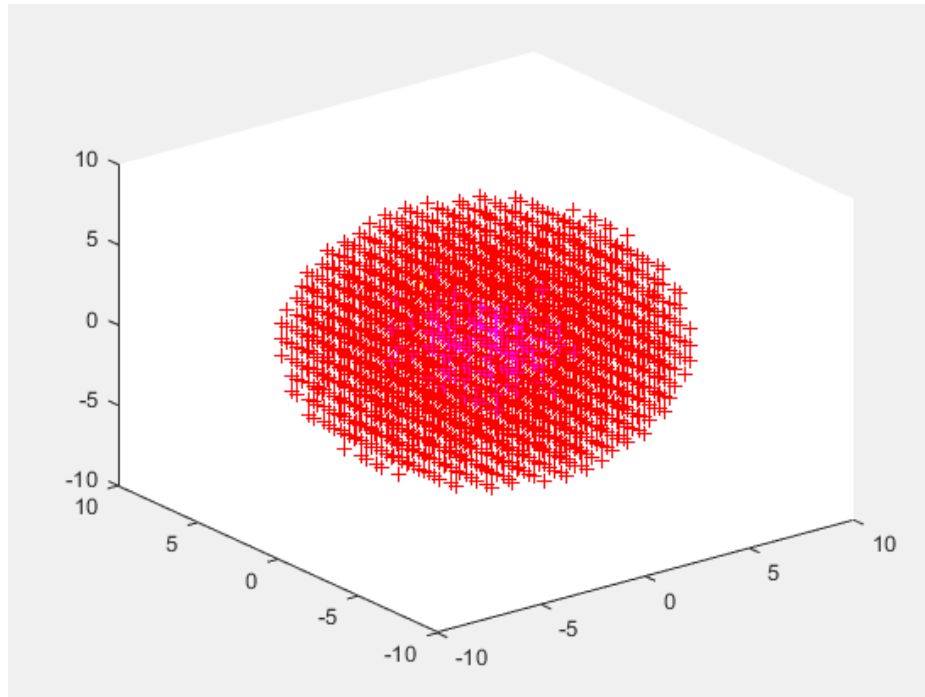
$b = [0.04 \ 0.03 \ 0.02];$

και εκτελούμε `load('radiotherapy_scheme_no_radiation_1_week.mat')`.

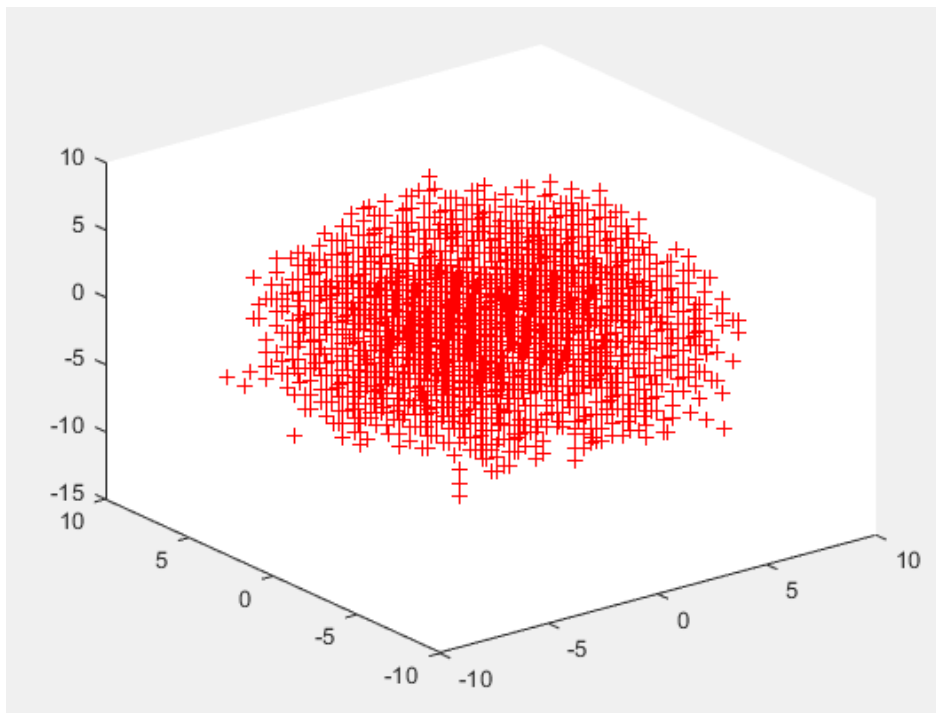
Θέτουμε `[dimrow, duration] = size(radiotherapy_scheme)` και τρέχουμε την προσομοίωση. Τώρα, με εκτέλεση της συνάρτησης `plot_tumour_lab(tumour_in_GCs,T)`, όπου  $T = \{1,5,9,13,17,21,25,29\}$  (βήμα 4), παίρνουμε τα διαγράμματα που παρουσιάζονται παρακάτω για την απεικόνιση του όγκου στις προαναφερθείσες χρονικές στιγμές της προσομοίωσης:



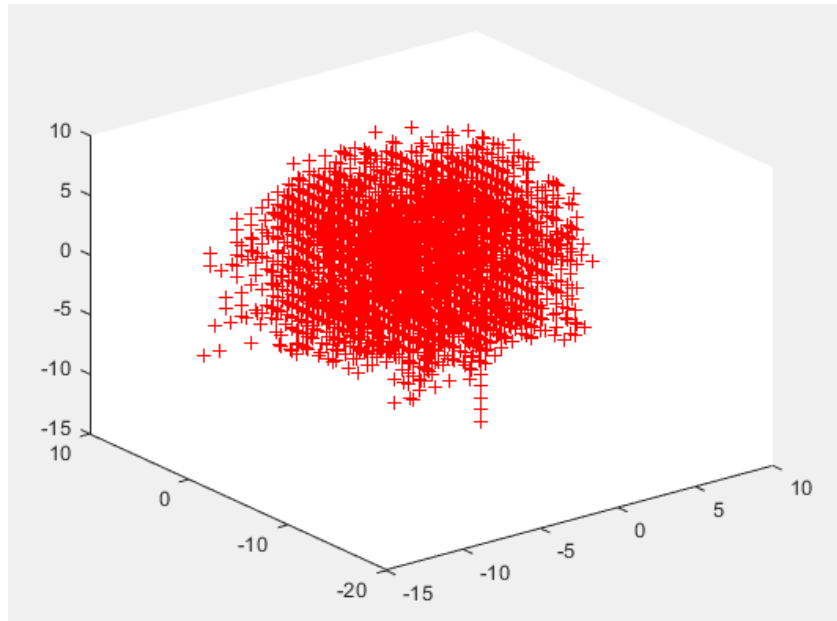
Εικόνα 1: Διάγραμμα απεικόνισης του όγκου για  $T = 1$



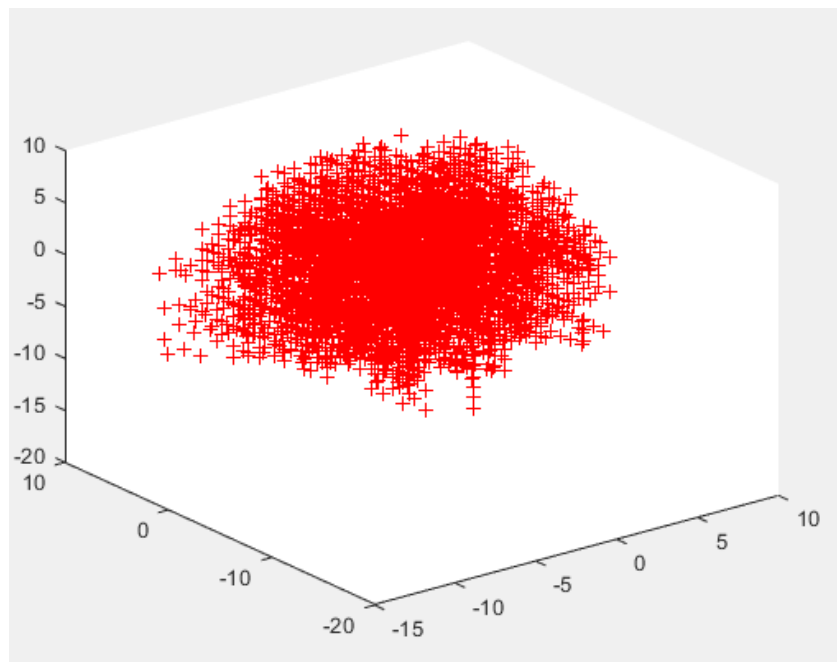
Εικόνα 2: Διάγραμμα απεικόνισης του όγκου για  $T=5$



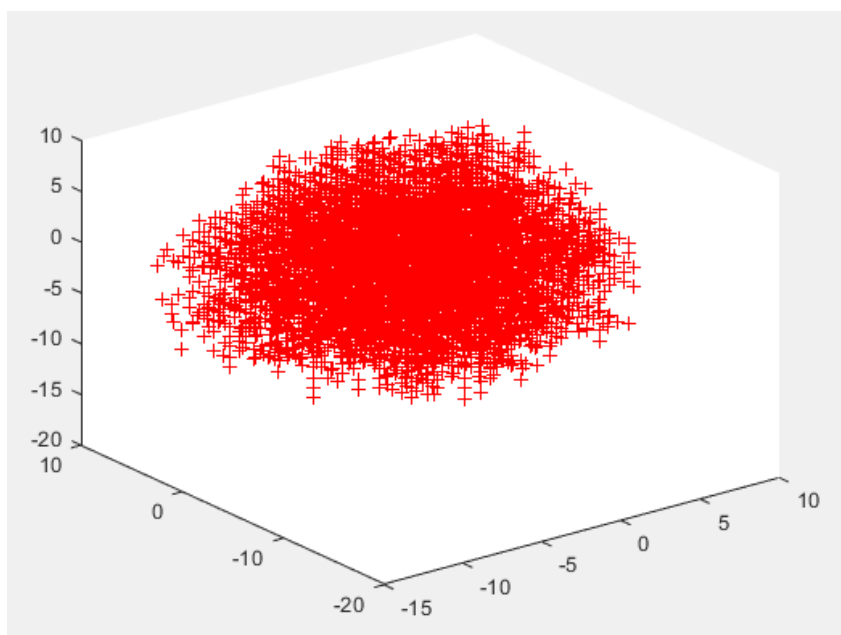
Εικόνα 3: Διάγραμμα απεικόνισης του όγκου για  $T=9$



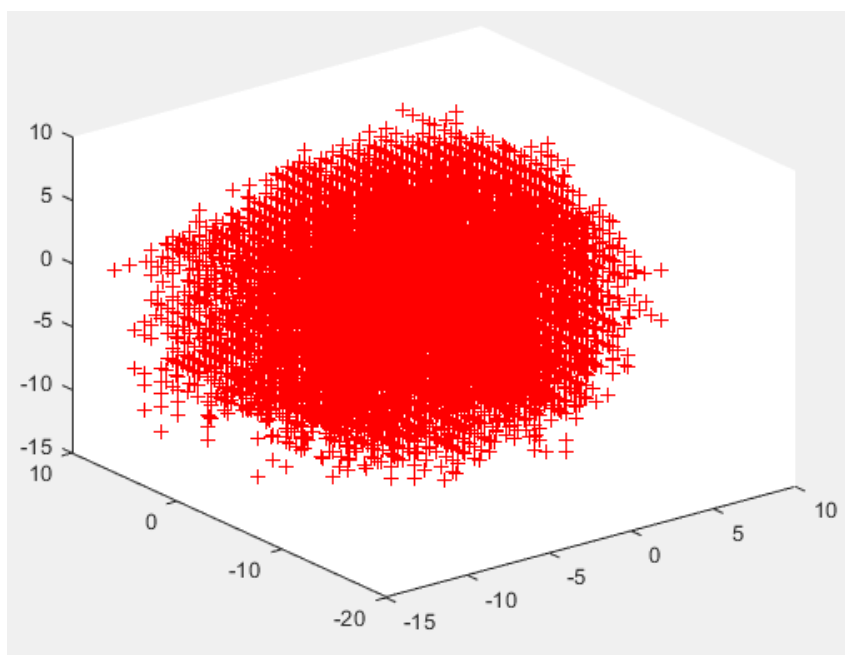
Εικόνα 4: Διάγραμμα απεικόνισης του όγκου για  $T=13$



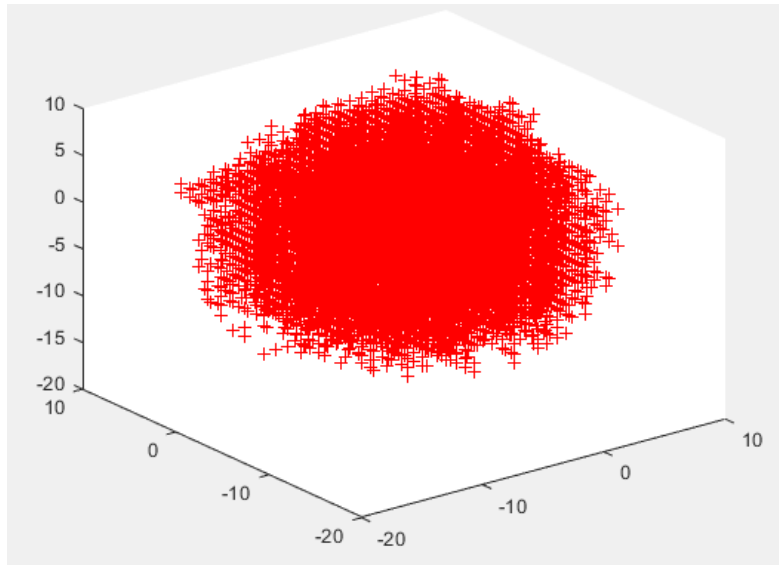
Εικόνα 5: Διάγραμμα απεικόνισης του όγκου για  $T=17$



Εικόνα 6: Διάγραμμα απεικόνισης του όγκου για  $T=21$



Εικόνα 7: Διάγραμμα απεικόνισης του όγκου για  $T=25$

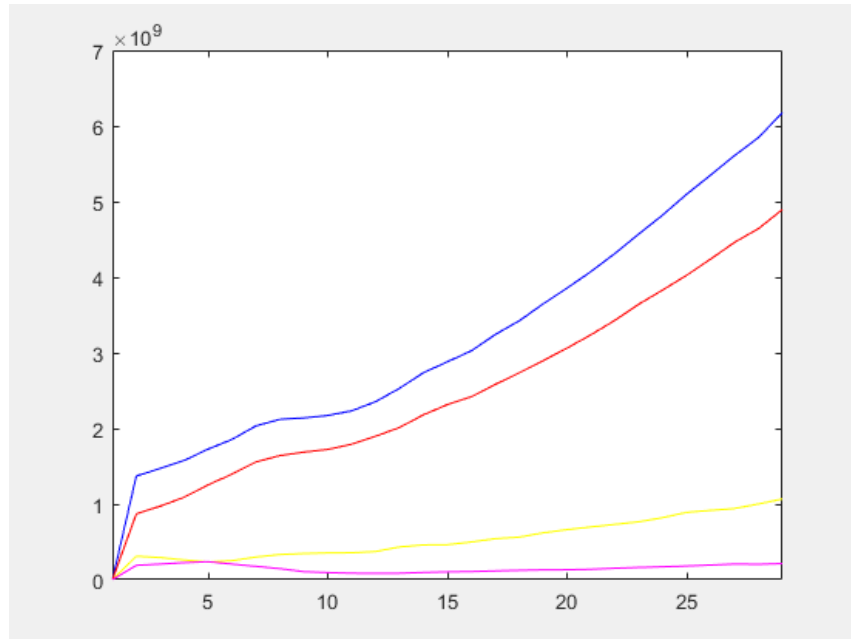


Εικόνα 8: Διάγραμμα απεικόνισης του όγκου για  $T=29$

\*Στις παραπάνω εικόνες με κόκκινο χρώμα αναπαρίστανται τα κύτταρα του όγκου που βρίσκονται σε κατάσταση πολλαπλασιασμού, με κίτρινο αυτά που βρίσκονται σε φάση ανάπαυσης και με magenta αυτά που βρίσκονται σε κατάσταση νέκρωσης.

Ακολούθως παρουσιάζονται σε κοινό γράφημα τα ακόλουθα διαγράμματα (εκτέλεση `plot_cell_numbers_lab.m`) :

- Η μεταβολή του συνολικού αριθμού των κυττάρων ως προς το χρόνο (μπλε)
- Η μεταβολή των κυττάρων που βρίσκονται σε φάση πολλαπλασιασμού (κόκκινο)
- Η μεταβολή των κυττάρων που βρίσκονται σε φάση ανάπαυσης (κίτρινο)
- Η μεταβολή των κυττάρων που βρίσκονται σε φάση νέκρωσης (magenta)



Εικόνα 9: Κοινό γράφημα μεταβολής κυττάρων

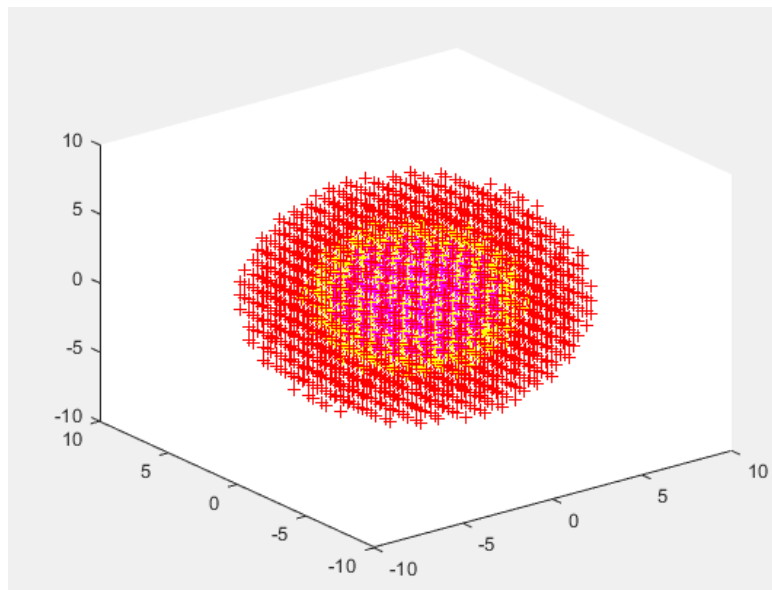
### Σχόλια:

Παρακολουθώντας την πορεία της προσομοίωσης παρατηρούμε πως κατά την εξέλιξη του όγκου χωρίς ακτινοθεραπεία τα καρκινικά κύτταρα αυξάνονται σημαντικά. Πιο συγκεκριμένα, στην αρχική κατάσταση ( $T=1$ ) υπάρχουν κύτταρα πολλαπλασιαζόμενα και νεκρωτικά (κόκκινα και magenta αντίστοιχα). Στις επόμενες καταστάσεις ( $T=5$  και  $T=9$ ) βλέπουμε μια απότομη μείωση των νεκρωτικών κυττάρων και ταυτόχρονη αύξηση των καρκινικών που πολλαπλασιάζονται. Αυτό είναι λογικό, καθώς ο ασθενής δεν λαμβάνει ακτινοθεραπείες. Από την κατάσταση  $T=13$  και μετά, δεν παρατηρούνται καθόλου κύτταρα σε φάση νέκρωσης, παρά μόνο καρκινικά κύτταρα που συνεχώς πολλαπλασιάζονται, άρα συνειδητοποιούμε ότι ο καρκινικός όγκος αυξάνεται επικίνδυνα για τον ασθενή. Οι παρατηρήσεις μας επιβεβαιώνονται από το γράφημα μεταβολής κυττάρων, καθώς η καμπύλη μεταβολής των καρκινικών κυττάρων (κόκκινο χρώμα) έχει θετική κλίση, ενώ η καμπύλη των νεκρωτικών κυττάρων (magenta) έχει αρνητική κλίση και προσεγγίζει την τιμή «0».

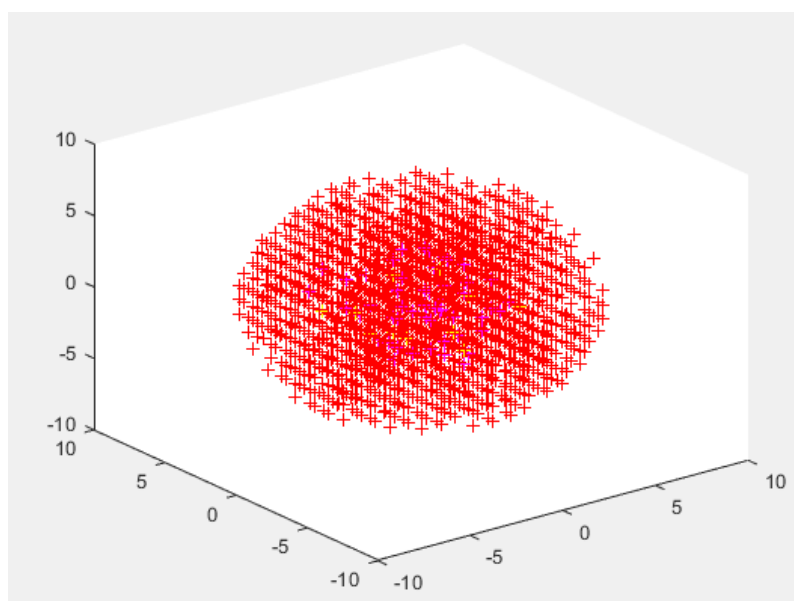
2)

- i) Εξέλιξη ενός μέτρια ακτινοευαίσθητου όγκου με συνήθη κερματισμό:

Κάνουμε `clear` το workspace και ακολουθούμε την ίδια διαδικασία με το (1) με τις μόνες διαφορές:  
εκτελούμε `load('radiotherapy_scheme_standard_2_weeks.mat')` και  
`plot_tumour_lab(tumour_in_GC, T)`, όπου  $T = \{1, 9, 17, 25, 33, 41, 49, 57\}$  (βήμα 8), και παίρνουμε τα ακόλουθα διαγράμματα:

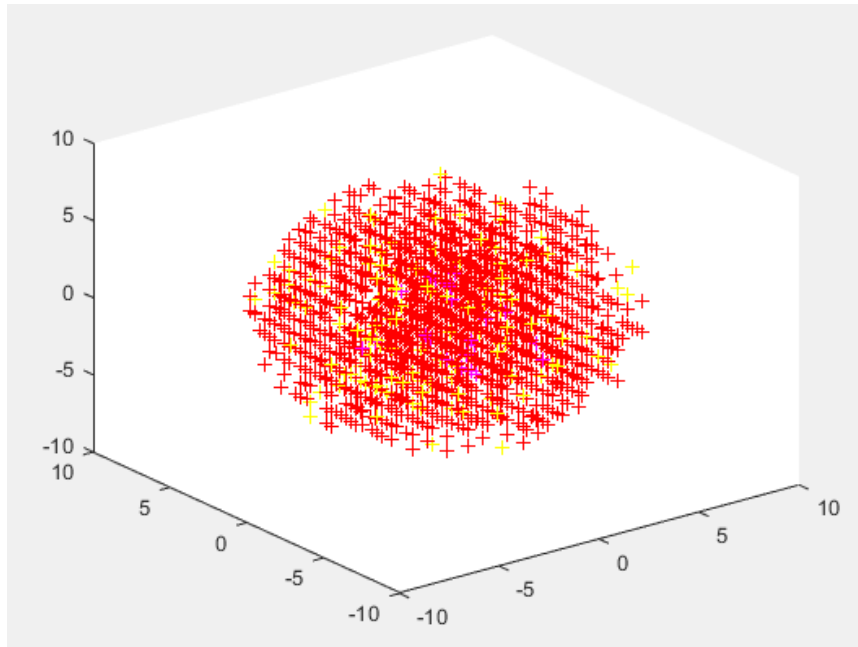


Εικόνα 10: Διάγραμμα απεικόνισης του όγκου για  $T = 1$

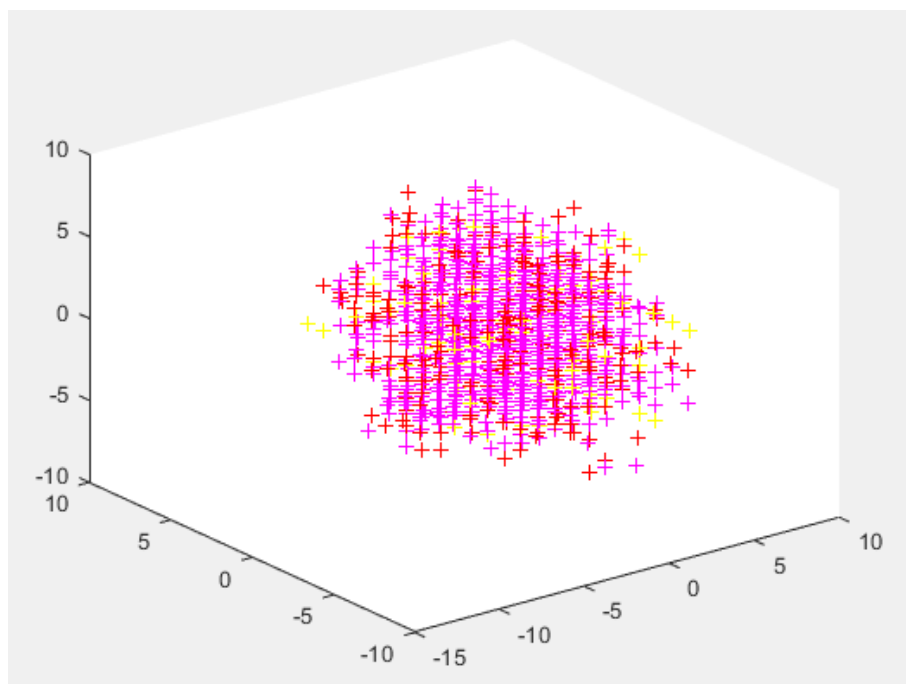




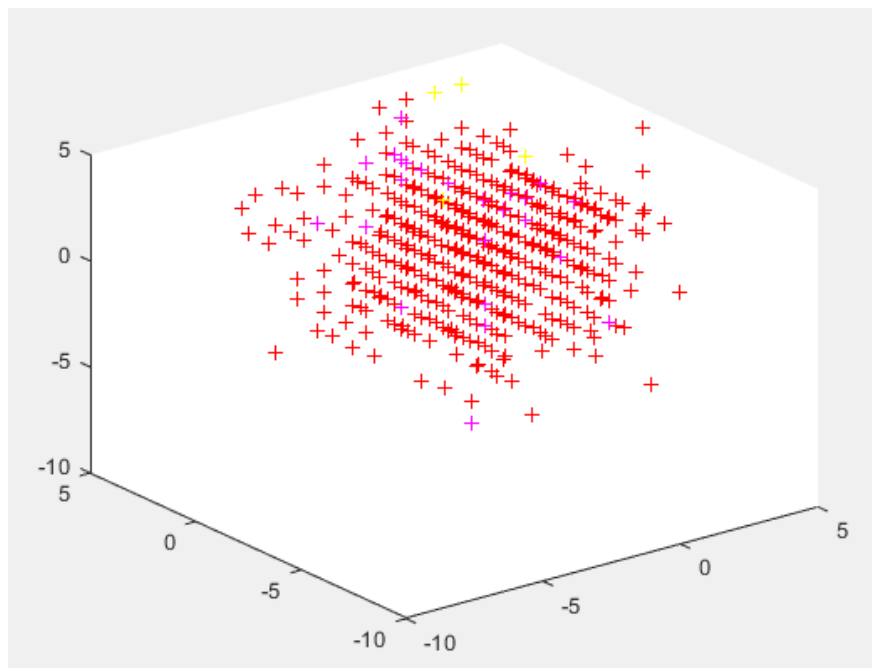
Εικόνα 11: Διάγραμμα απεικόνισης του όγκου για  $T = 9$



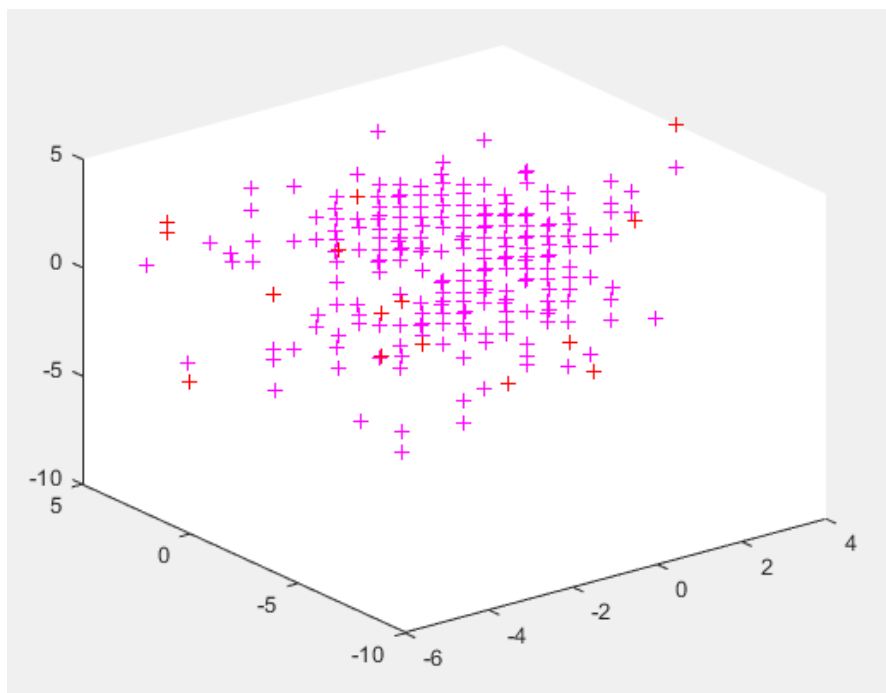
Εικόνα 12: Διάγραμμα απεικόνισης του όγκου για  $T = 17$



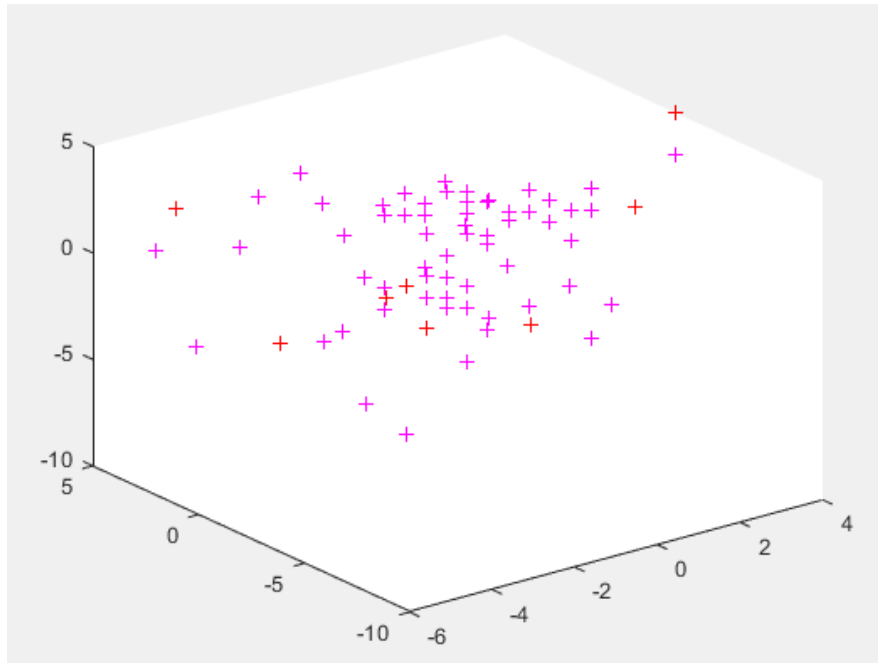
Εικόνα 13: Διάγραμμα απεικόνισης του όγκου για  $T = 25$



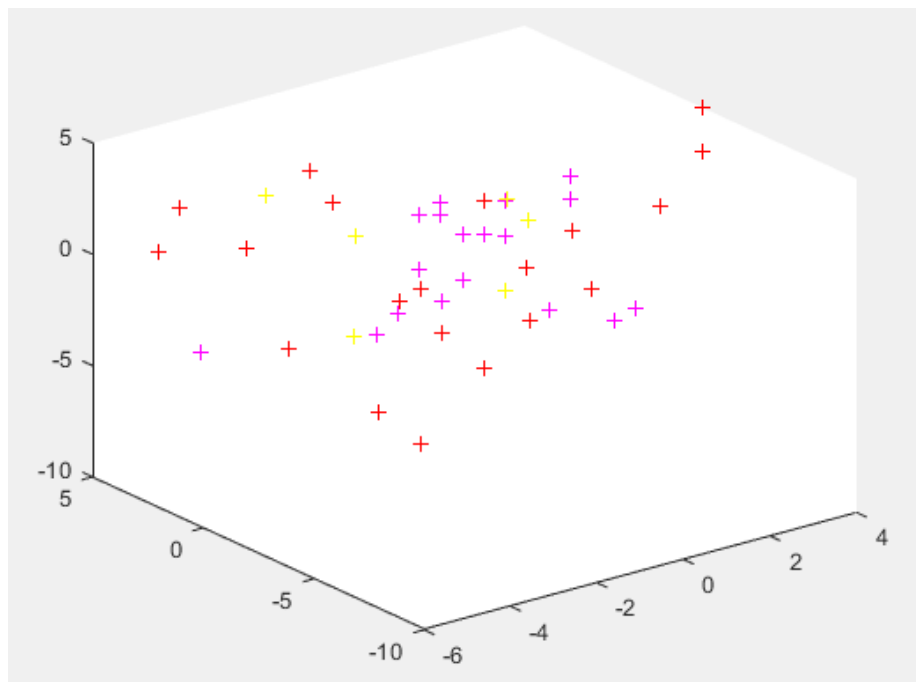
Εικόνα 14: Διάγραμμα απεικόνισης του όγκου για  $T = 33$



Εικόνα 15: Διάγραμμα απεικόνισης του όγκου για  $T = 41$

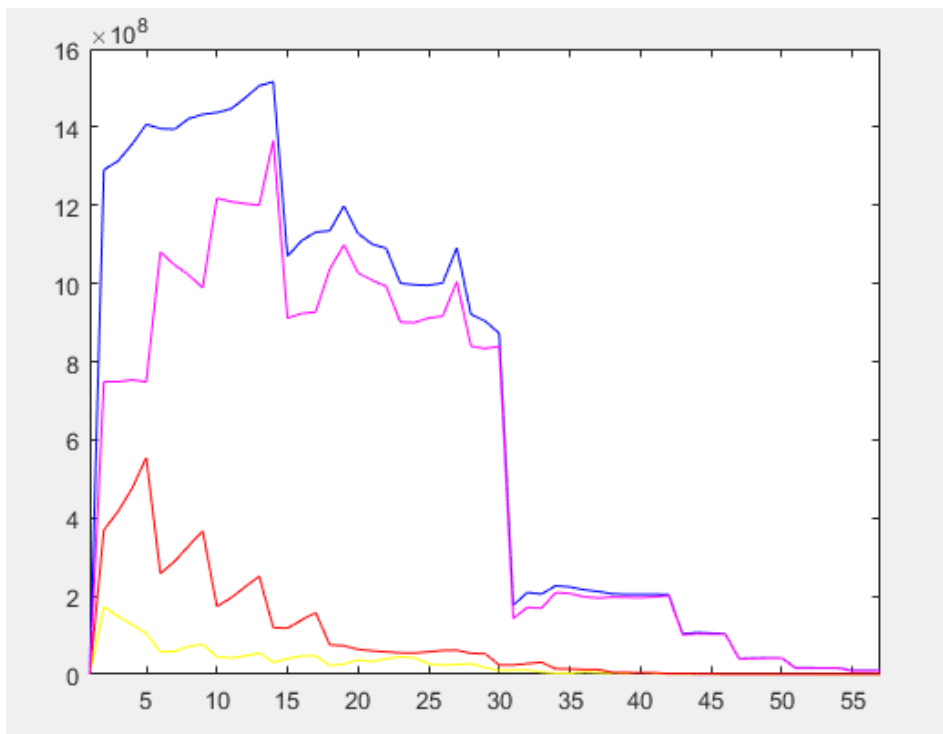


Εικόνα 16: Διάγραμμα απεικόνισης του όγκου για  $T = 49$



Εικόνα 17: Διάγραμμα απεικόνισης του όγκου για  $T = 57$

Παρακάτω παρουσιάζεται και το κοινό γράφημα μεταβολής κυττάρων:



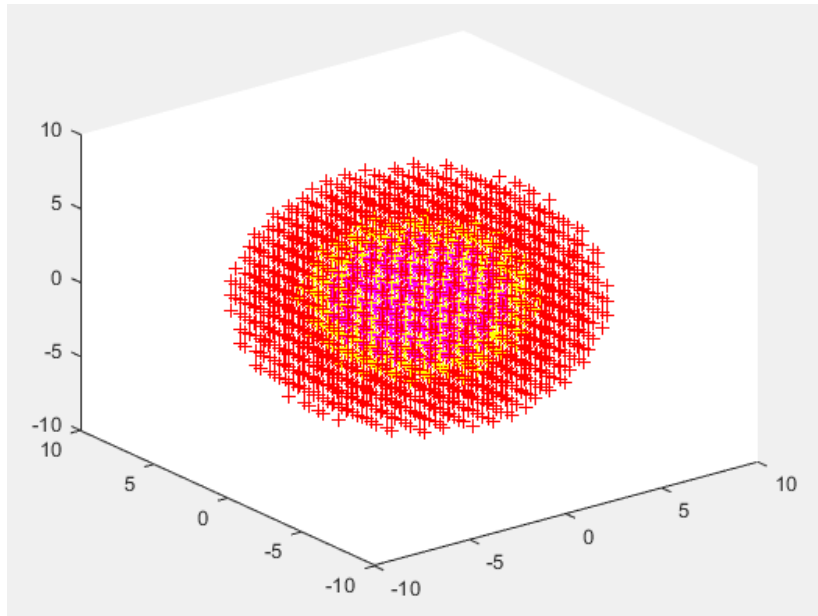
Εικόνα 18: Κοινό γράφημα μεταβολής κυττάρων

- ii) Εξέλιξη ενός μέτρια ακτινοευαίσθητου όγκου με υπερκερματισμό για δύο εβδομάδες:

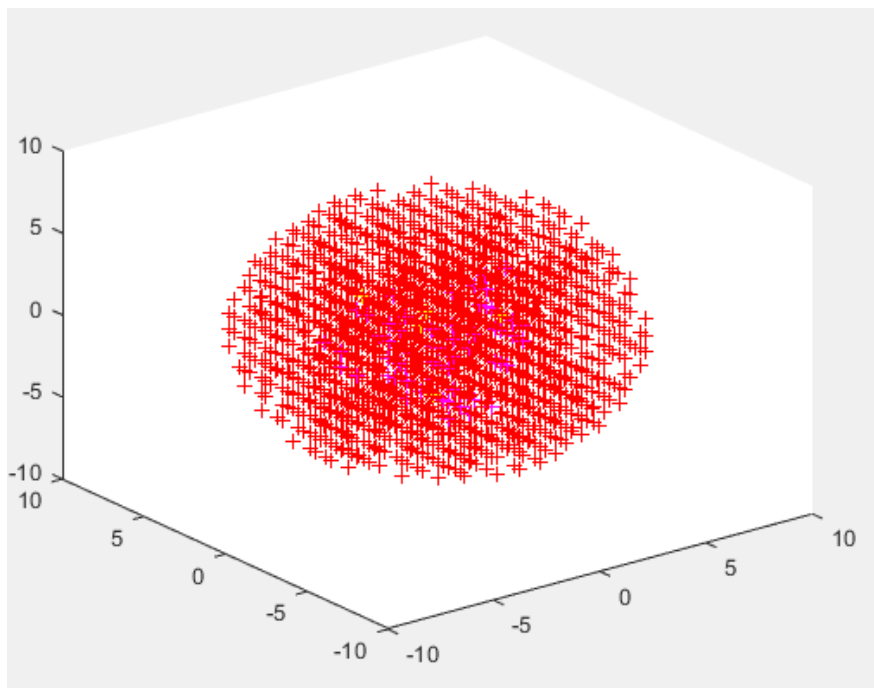
Κάνουμε clear το workspace και ακολουθούμε την ίδια διαδικασία με το (1) με τις μόνες διαφορές:

εκτελούμε `load('radiotherapy_scheme_hyper_2_weeks.mat')` και

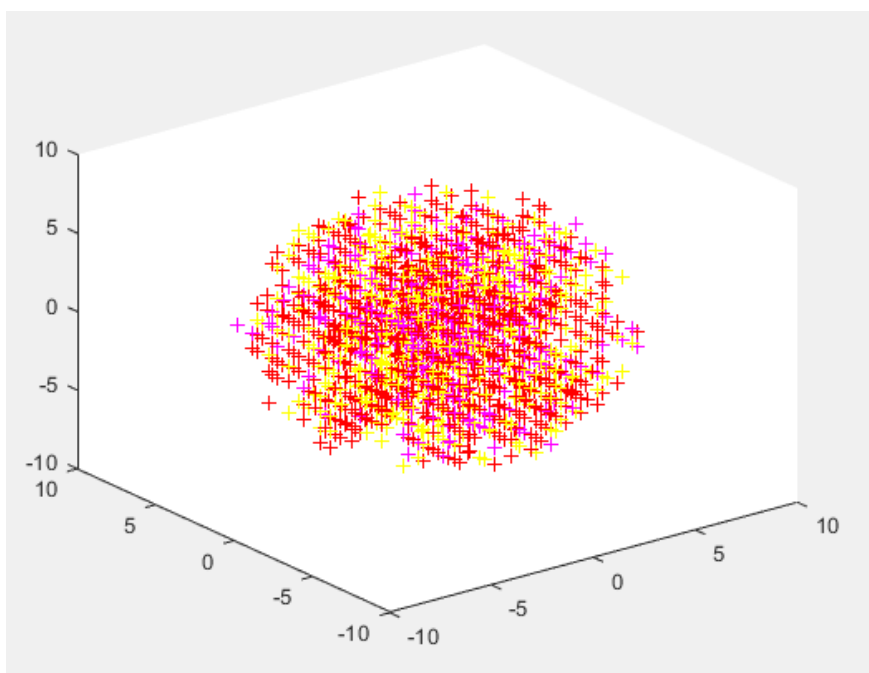
`plot_tumour_lab(tumour_in_GCs,T)`, όπου  $T = \{1,9,17,25,33,41,49,57\}$  (βήμα 8), και παίρνουμε τα ακόλουθα διαγράμματα:



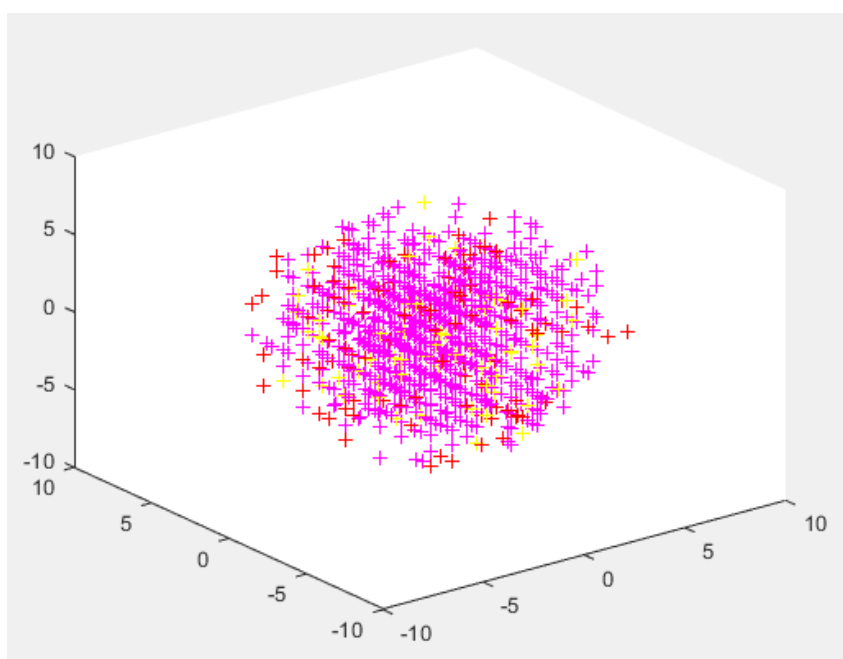
Εικόνα 19: Διάγραμμα απεικόνισης του όγκου για  $T = 1$



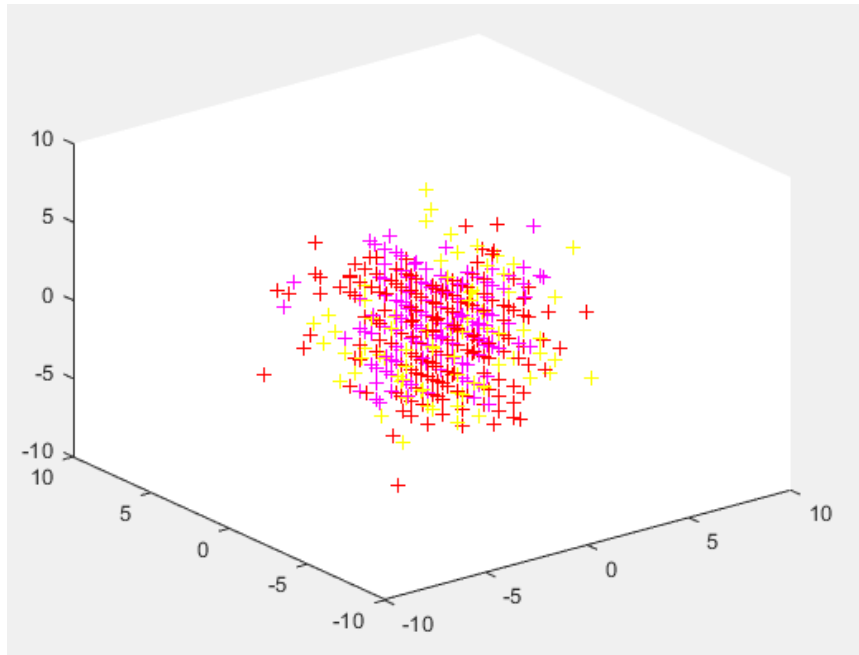
Εικόνα 20: Διάγραμμα απεικόνισης του όγκου για  $T = 9$



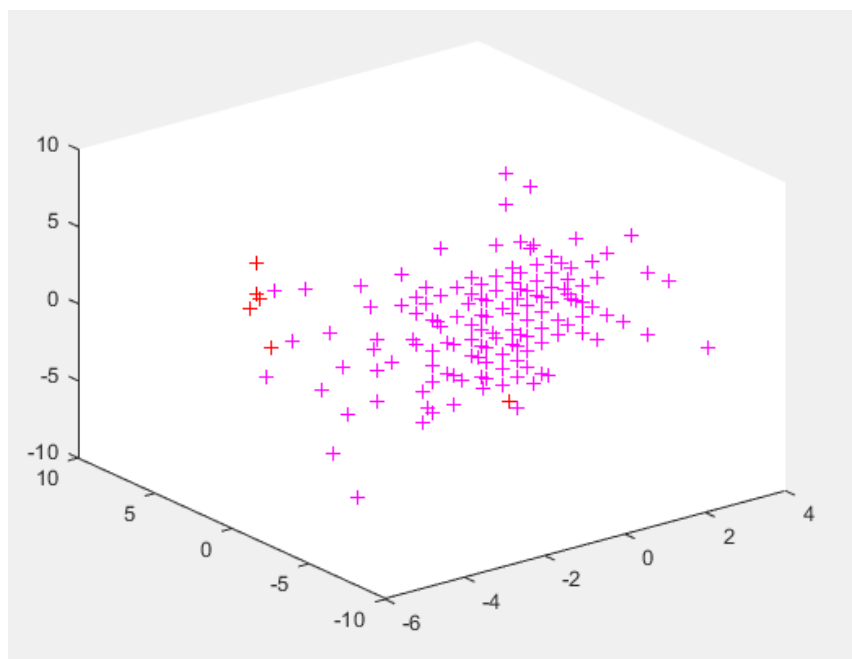
Εικόνα 21: Διάγραμμα απεικόνισης του όγκου για  $T = 17$



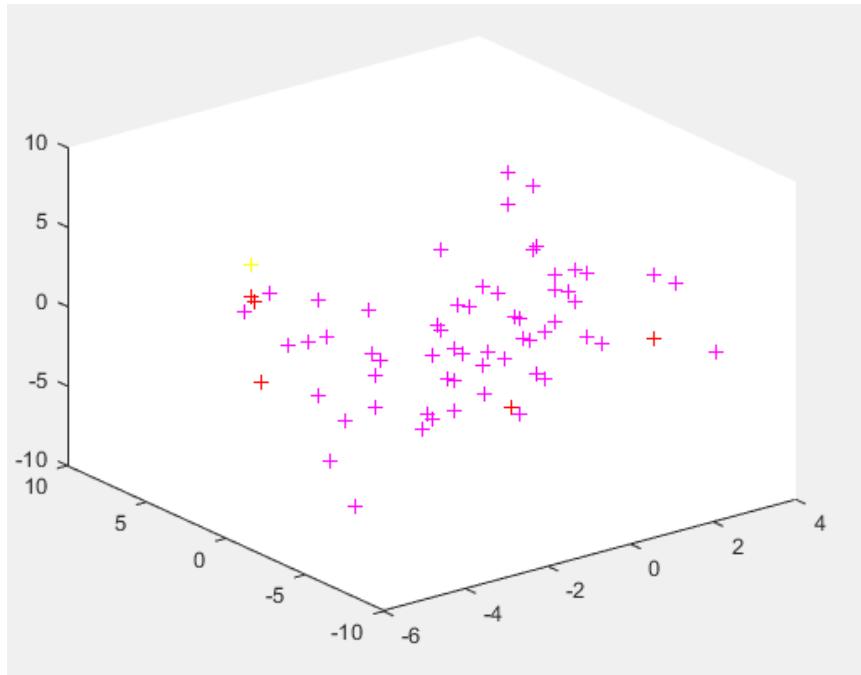
Εικόνα 22: Διάγραμμα απεικόνισης του όγκου για  $T = 25$



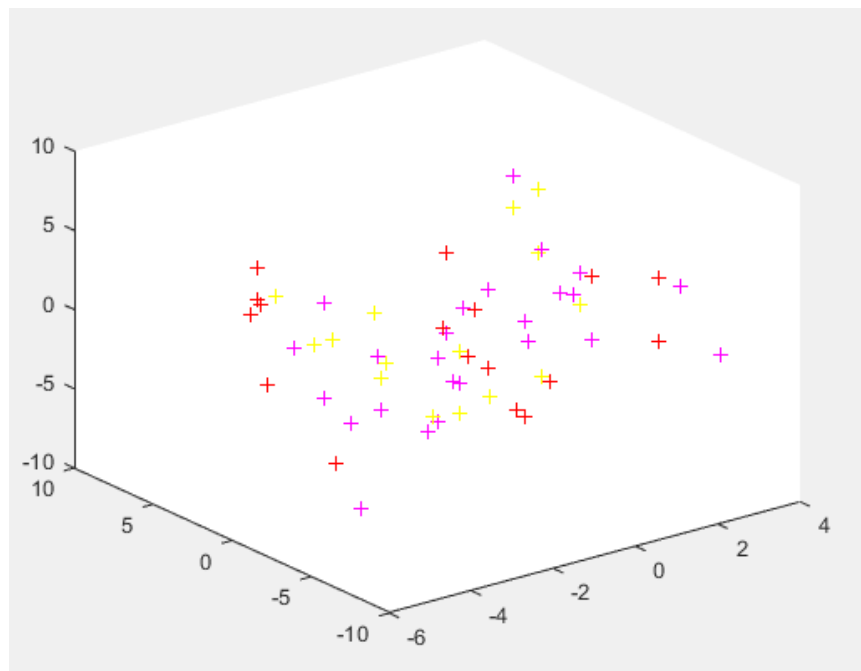
Εικόνα 23: Διάγραμμα απεικόνισης του όγκου για  $T = 33$



Εικόνα 24: Διάγραμμα απεικόνισης του όγκου για  $T = 41$

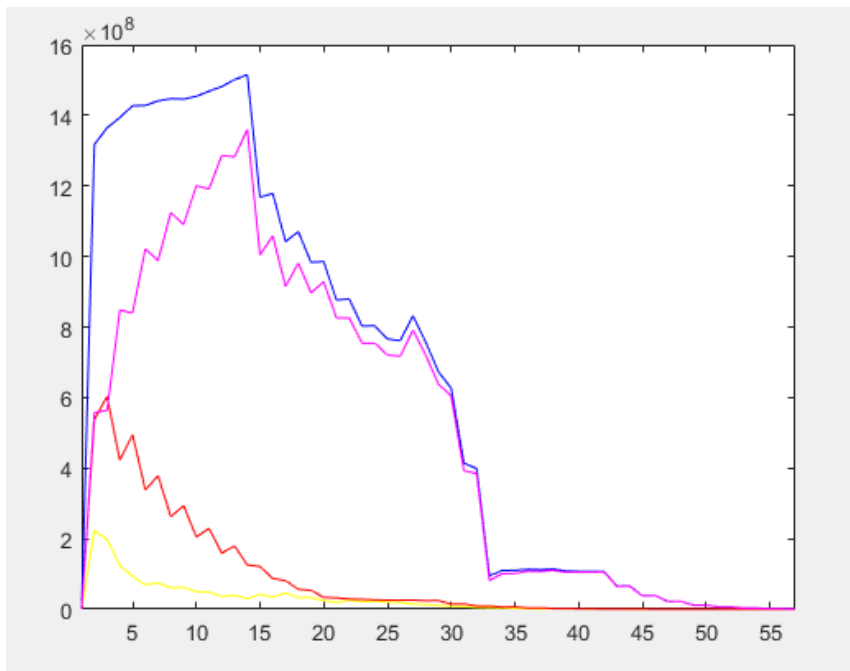


Εικόνα 25: Διάγραμμα απεικόνισης του όγκου για  $T = 49$



Εικόνα 26: Διάγραμμα απεικόνισης του όγκου για  $T = 57$





Εικόνα 27: Κοινό γράφημα μεταβολής κυττάρων

### Σχόλια:

Σε αντίθεση με την περίπτωση (1), στην (2) με το σχήμα ακτινοθεραπείας παρατηρούμε εξάλειψη του μεγαλύτερου μέρους του όγκου και στις δύο υπο-περιπτώσεις. Στο τέλος της διαδικασίας θεραπείας η συντριπτική πλειοψηφία των κυττάρων βρίσκεται σε φάση νέκρωσης, ενώ παραμένουν πολύ λίγα κύτταρα σε φάση ανάπαυσης ή πολλαπλασιασμού. Αυτό είναι λογικό, αν αναλογιστούμε πως ασχολούμαστε με έναν μέτρια ακτινοευαίσθητο όγκο που σημαίνει ότι θα έχει και μεγαλύτερη αντοχή απέναντι στη θεραπεία. Δηλαδή, ο όγκος δεν θα εξαλειφθεί πλήρως και για αυτό στην τελική κατάσταση ( $T = 57$ ) παρατηρούμε ακόμα κύτταρα με κίτρινο και κόκκινο χρώμα. Ακόμη, η καθυστέρηση στις στιγμές  $T = 9$  και  $T = 33$  στη διαδικασία συνήθους κερματισμού οφείλεται κι αυτή στη μέτρια ακτινοευαισθησία του όγκου, καθώς ο ρυθμός καταστροφής του θα είναι πιο αργός από την περίπτωση ενός ακτινοευαίσθητου όγκου. Επιπλέον, αξίζει να τονιστεί πως ενώ για  $T = 49$  μικρός αριθμός υπολειπόμενων καρκινικών κυττάρων είναι σε φάση νέκρωσης (magenta), αφού ολοκληρωθεί η ακτινοθεραπεία ( $T = 57$ ) τα κύτταρα αυτά αποκτούν ξανά κόκκινο χρώμα, δηλαδή επανέρχονται σε φάση πολλαπλασιασμού. Επομένως,

χρειάζεται ολική καταστροφή του όγκου μετά το πέρας της διαδικασίας ακτινοβολήσης για την αποτελεσματική θεραπεία του ασθενούς.

Σύγκριση συνήθους κερματισμού(i) και υπερκερματισμού(ii):

Στη διαδικασία του υπερκερματισμού παρατηρούμε μείωση του μεγέθους του όγκου σε σχέση με το συνήθη κερματισμό. Αυτό γίνεται εμφανές και στο διάγραμμα του αριθμού των κυττάρων συναρτήσει του χρόνου, όπου στον υπερκερματισμό τα κύτταρα που είναι φάση πολλαπλασιασμού είναι πολύ λιγότερα από τα αντίστοιχα στον συνήθη κερματισμό. Ακόμη, στον υπερκερματισμό έχουμε περισσότερα κύτταρα σε φάση νέκρωσης. Δηλαδή, θα μπορούσαμε να πούμε ότι αφού έχουμε μέτρια ακτινευαίσθητο όγκο, ο συνήθης κερματισμός έχει μειωμένη αποτελεσματικότητα και για να αντιμετωπίσουμε το πρόβλημα αυτό πρέπει να εφαρμόσουμε ακτινοθεραπεία με υπερκερματισμό. Γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι τα συμπεράσματά μας επιβεβαιώνονται και από τη σύγκριση των αντίστοιχων γραφημάτων μεταβολής κυττάρων.