

به نام خدا

گزارش پروژه انتقال حرارت ۱
تخریب سلول های سرطانی به روش هایپرترمی

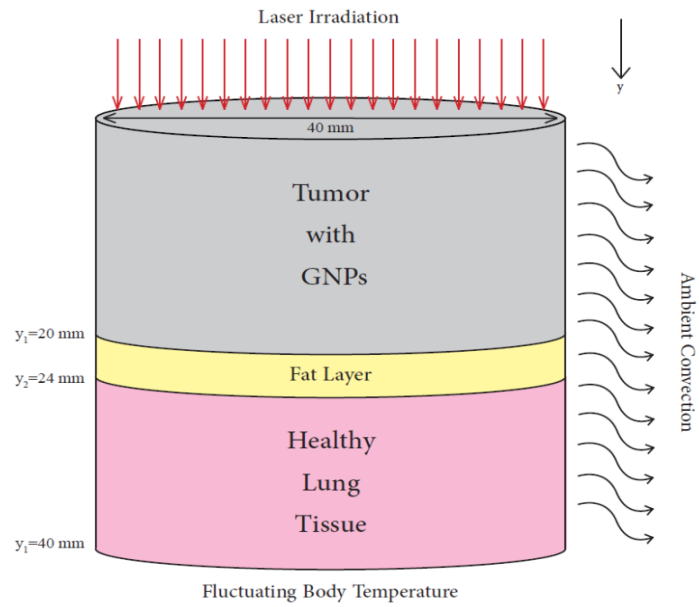
امیرحسین مرادآبادی

استاد : پروفسور اکبر شجاعی

مقدمه :

در درمان سرطان به روش هایپرترمی دمای بافت سرطانی را به مدت ۴ الی ۶ دقیقه به دمای حدود ۴۵ الی ۴۶ درجه سانتیگراد می‌رسانند. که باعث تخریب پروتئین های سلول سرطانی و آسیب به ساختار DNA سلول سرطانی می‌شود.
در هایپرترمی از منابع حرارتی مختلفی مانند امواج میکروویو ، امواج رادیویی ، لیزر ، امواج فراصوت و ... استفاده می‌شود، که در این پروژه به طور خاص لیزر درمانی را مورد بررسی قرار خواهیم داد.

بیان مسئله :



شکل ۲. نمایی از سیستم استوانه‌ای تومور/ بافت چربی/ بافت سالم ریه، تحت لیزر درمانی

در این پروژه قصد داریم توموری که در شکل بالا نشان داده شده را به روش لیزر درمانی از بین ببریم .

حل مسئله :

برای حل این مسئله از متلب استفاده میکنیم.

```

1  clc
2  clear all
3  close all
4
5  L_tumor=20E-3; L_fat=4E-3; L_lung=16E-3; L_total=L_tumor+L_fat+L_lung;
6  del_y = 1e-3;
7  y1=0:del_y:L_tumor; y2=L_tumor:del_y:L_tumor+L_fat; y3=L_tumor+L_fat:del_y:L_total;
8  y=[ y1 y2(2:end) y3(2:end) ];
9  ny=length(y);
10 ny1=length(y1);
11 ny2=length(y1)+length(y2)-1;
12 length = 40e-3;
13 P_A=pi*length/(pi*(length/2)^2);
14 Qr=@(y)121*1800*exp(-(121+0.5)*y).*(y<=L_tumor);
15 T_body = @(t) 37 + sin( 0.005 * t );
16
17 Cp_T = 4200 ; Cp_F = 2350 ; Cp_H = 4010 ;
18 rho_T = 1100 ; rho_F = 910 ; rho_H = 1050 ;
19 th_T = 0.48 ; th_F = 0.2 ; th_H = 0.605 ;
20 wb_T = 0.00091 ; wb_F = 0 ; wb_H = 0.0005 ;
21 rho_b=106;
22 Cb = 3860 ;
23 T_inf = 25;
24 TH=zeros(1,ny)+th_H; TH(1:ny1)=th_T; TH(ny1+1:ny2)=th_F;
25 RH0=zeros(1,ny)+rho_H; RH0(1:ny1)=rho_T; RH0(ny1+1:ny2)=rho_F;
26 CP=zeros(1,ny)+Cp_H; CP(1:ny1)=Cp_T; CP(ny1+1:ny2)=Cp_F;
27 WB=zeros(1,ny)+wb_H; WB(1:ny1)=wb_T; WB(ny1+1:ny2)=wb_F;
28 A =zeros(1,ny)+3E+91; A(1:ny1)=1E+91; A(ny1+1:ny2)=4.43E+90;
29 E =zeros(1,ny)+5.6E+5;
30 R=8.314;
31 Qt = zeros(1,ny) + 700 ; Qt(1:ny1) = 1091 ; Qt(ny1+1:ny2) = 0 ;
32 T_in = 36 ;
33 dt = 1 ;
34 t = 0 ;
35 h=5;
36 sigma(1:ny)=0;
37 T=zeros(1,ny)+T_in;
38 TT=T;
39 for k=1:1500000
40 t=t+dt;
41 Tb = T_body(t);
42 AA(ny,ny)=1; B(ny) =T_body(t);
43 for i=1:ny-1
44 if i==1
45 apt=RH0(i)*CP(i)/dt;
46 ae=2*TH(i)/del_y^2;
47
48 ap=apt+ae+rho_b*Cb*WB(i)+h*P_A;
49 B(i)=apt*T(i)+h*P_A*T_inf+rho_b*Cb*WB(i)*Tb+Qt(i)+Qr(y(i));
50 AA(i,[i i+1])=[ ap -ae];
51 elseif(i==ny1 || i==ny2)
52
53 apt=0.5*(RH0(i)*CP(i)+RH0(i+1)*CP(i+1))/dt;
54 ae=TH(i+1)/del_y^2;
55 aw=TH(i-1)/del_y^2;
56 ap=apt+ae+aw+0.5*rho_b*Cb*(WB(i)+WB(i+1))+h*P_A;
57 B(i)=apt*T(i)+h*P_A*T_inf+0.5*rho_b*Cb*(WB(i)+WB(i+1))*Tb+0.5*(Qt(i)+Qr(y(i))+Qt(i+1)+Qr(y(i+1)));
58 AA(i,[i-1 i i+1])=[-aw ap -ae];
59 else
60 apt=RH0(i)*CP(i)/dt;
61 ae=TH(i)/del_y^2;
62 aw=TH(i)/del_y^2;
63 ap=apt+ae+aw+rho_b*Cb*WB(i)+h*P_A;
64 B(i)=apt*T(i)+h*P_A*T_inf+rho_b*Cb*WB(i)*Tb+Qt(i)+Qr(y(i));

```

```

57     B(i)=apt*T(i)+h*P_A*T_inf+0.5*rho_b*Cb*(WB(i)+WB(i+1))*Tb+0.5*(Qt(i)+Qr(y(i))+Qt(i+1)+Qr(y(i+1)));
58     AA(i,[i-1 i i+1])=[-aw ap -ae];
59
60     else
61         apt=RHO(i)*CP(i)/dt;
62         ae=TH(i)/del_y^2;
63         aw=TH(i)/del_y^2;
64         ap=apt+ae+aw+rho_b*Cb*WB(i)+h*P_A;
65         B(i)=apt*T(i)+h*P_A*T_inf+rho_b*Cb*WB(i)*Tb+Qt(i)+Qr(y(i));
66         AA(i,[i-1 i i+1])=[-aw ap -ae];
67     end
68     AA=sparse(AA);
69     T=AA^-1*B';
70     TT(k+1,:)=T;
71     for i=1:ny
72         sigma(k+1,i)=simpson(A(i).exp(-E(i)/R./(TT(1:k+1,i)+273.15)),dt,k+1);
73     end
74
75     if(max(T)>46)
76         k
77         break;
78     end
79
80 end
81
82 fprintf(' simulation time is = %-12.2f s \n',t);
83 H=0;
84 H1=0;
85
86 for i=1:ny
87     H=H+CP(i)*RHO(i)*(T(i)-36)*del_y*pi*(length/2)^2;
88 end
89
90 fprintf(' totall heat      = %-12.5f \n',H);
91
92 figure(1);
93 plot(y,T)
94 xlabel(' length[m] ');
95 ylabel('temperature(\circ C)')
96
97 figure(2)
98 surf(0:dt:(k)*dt,y,sigma')
99 xlabel('Time(s)')
100 ylabel(' y ')
101 colorbar
102 figure(3)
103 plot(y,sigma(end,:), 'k'); hold on;
104 plot(y,ones(1,ny), 'r');
105 legend('sigma')
106
107 function integral = simpson(y,dh,n)
108 integral=0;
109 if( mod(n,2)==0)
110     for i=3:2:n-1
111         integral = integral + dh * ( y(i) + 4.*y(i-1) + y(i-2) ) / 3 ;
112     end
113     integral = integral + dh * ( y(n) + y(n-1) ) / 2 ;
114 else
115     for i=3:2:n
116         integral = integral + dh * ( y(i) + 4.*y(i-1) + y(i-2) ) / 3 ;
117     end
118 end
119 end
120 %%%% END OF PROGRAM %%%

```

برای حل این مسئله می‌توانیم از روش صریح یا ضمنی استفاده کنیم، در روش صریح برای تعیین دمای یک گره در یک لحظه معین از دمای آن گره و گره های مجاور در لحظه قبل استفاده می‌شود، بنابراین دمای گره در یک لحظه به دمای سایر گره ها در آن لحظه بستگی ندارد. حل با این روش ساده است اما محدودیت‌هایی برای انتخاب دلتا تی وجود دارد، و برای آن که در یک نمو مکانی معین، بازه زمانی دلتا تی باید با شرایط پایداری سازگار باشد به همین خاطر از بازه های کوچک استفاده می‌کنیم و تکرار محاسبات بسیار بیشتر می‌شود. برای کاهش زمان محاسبه می‌توانیم از روش ضمنی استفاده کنیم. در روش ضمنی، دمای جدید هر گره به دمای جدید گره های مجاورش بستگی دارد (در لحظه بعد). برای تعیین دمای گره‌ها در لحظه بعد باید دستگاه معادلات ضمنی حل کرد. که برای این منظور می‌توانیم از روش گاوس-سیدل یا روش ماتریس معکوس استفاده کنیم، و با تکرار محاسبات دمای گره ها در زمان های مختلف را بدست آوریم.

مزیت روش ضمنی نسبت به روش صریح این است که هیچ قیدی برای انتخاب دلتا تی و دلتا ایکس وجود ندارد.

بنابراین با انتخاب مقادیر بزرگ دلتا تی زمان محاسبه را کاهش داد، البته دقت نتایج نیز اندکی کاهش می‌یابد.

برای کسب نتایج با بیشترین دقت باید بازه دلتا تی را آنقدر کوچک در نظر گرفت که با کوچکتر شدن دلتا تی نتایج تغییری نکند.

برای حل این مسئله از روش ضمنی استفاده می‌کنیم.

ابتدا ناحیه تومور، چربی و بافت سالم را مشخص بندی می‌کنیم که از بالا (نقطه اعمال لیزر روی تومور) شروع و تا پایین ادامه دارد، و فاصله هر گره تا گره بعدی را ۱ میلی‌متر قرار می‌دهیم و در بردار y ذخیره می‌کنیم که در نهایت بتوانیم نمودار رسم کنیم.

سپس معادله لیزر، معادله سینوسی دمای بدن و ثابت های مسئله را تعریف می‌کنیم.

برای معادله گرمای لیزر یک عملگر منطقی تعریف شده که برای محدوده خارج از طول تومور معادله در صفر ضرب شود.

در حلقه خط ۳۹ تا ۸۰ تابع زمان رسیدن دما به ۴۶ درجه، آسیب به بافت را محاسبه می‌کنیم برای محاسبه آسیب به بافت از انتگرال گیری عددی به روش سیمپسون استفاده شده که تابع آن در انتهای برنامه نوشته شده

اگر اندازه بازه مورد انتگرال کوچک باشد، قاعده سیمپسون برای $n = 2$ یک جواب نسبتاً دقیق از جواب انتگرال خواهد بود. اما اگر تابع ما پیوستگی نداشته باشد یا اندازه بازه مورد انتگرال بزرگ باشد یا تابع ما دارای مشتق‌های ناپیوسته باشد، در هر یک از این موارد قاعده سیمپسون برای $n = 2$ جوابی دقیق ارائه نمی‌دهد. در این صورت می‌توان بازه را به $n > 2$ بخش تقسیم کرد و در هر یک از این بخش‌ها از قاعده سیمپسون استفاده کرد؛ که در این صورت به آن تعمیم قاعده سیمپسون گفته می‌شود. فرض کنید بازه انتگرال $[a, b]$ به n بخش تقسیم شده‌است و همچنین n را عددی زوج در نظر بگیرید در این صورت طبق قاعده سیمپسون داریم

$$\int_a^b f(x) dx \approx \frac{h}{3} \sum_{j=1}^{n/2} \left[f(x_{2j-2}) + 4f(x_{2j-1}) + f(x_{2j}) \right]$$

$$= \frac{h}{3} \left[f(x_0) + 2 \sum_{j=1}^{n/2-1} f(x_{2j}) + 4 \sum_{j=1}^{n/2} f(x_{2j-1}) + f(x_n) \right]$$

که در این فرمول $x_j = a + jh$ برای $j = 0, 1, \dots, n-1, n$ و در آن $h = (b-a)/n$

خطای تعمیم قاعده سیمپسون برابر است با^[1]

$$Error = -\frac{h^4}{180} (b-a) f^{(4)}(\xi)$$

که در آن ξ عددی بین a و b است و $h = (b-a)/n$ طول هر گام است.

سپس مقدار کل گرمای تبادل شده محاسبه می‌شود و در خروجی چاپ می‌شود و نمودارها رسم می‌شود.

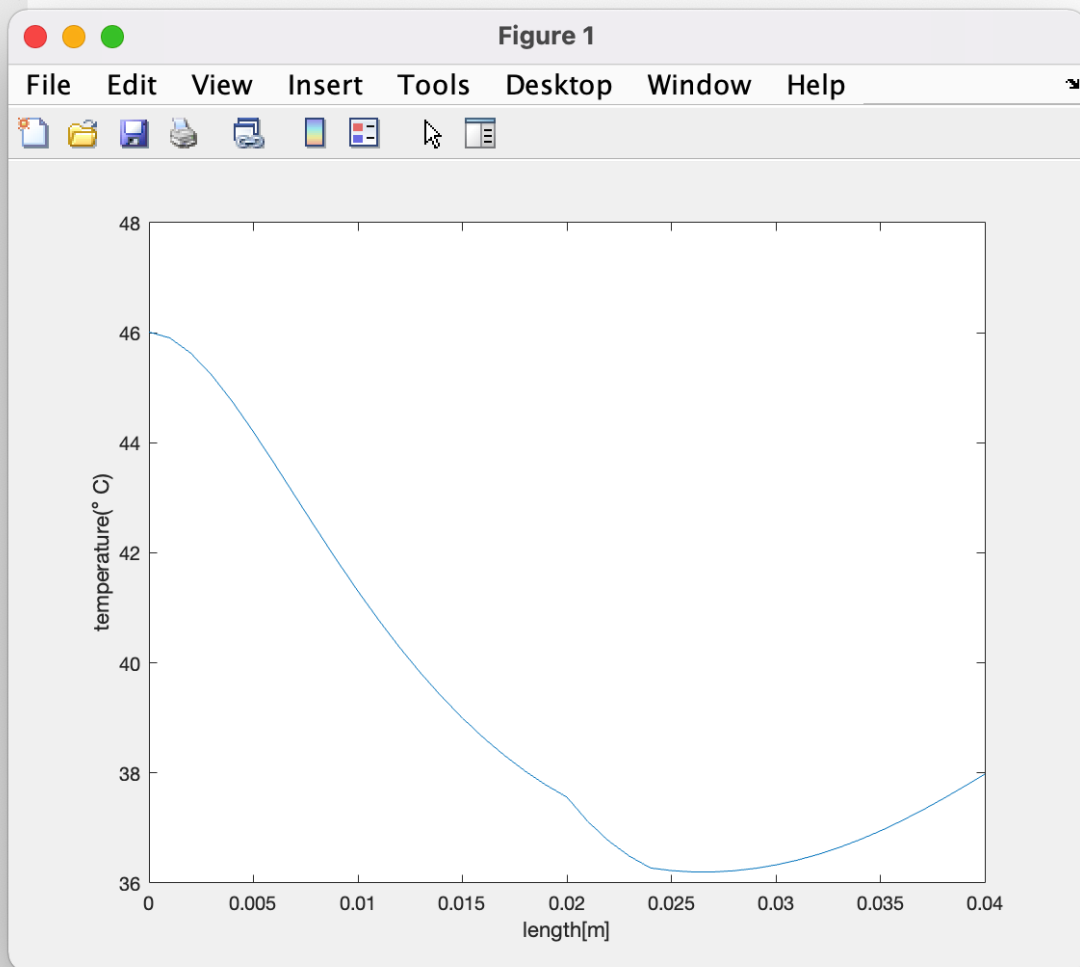
* خواسته ۱ و ۲ :

پاسخ و نمودار در تصویر زیر قابل مشاهده است

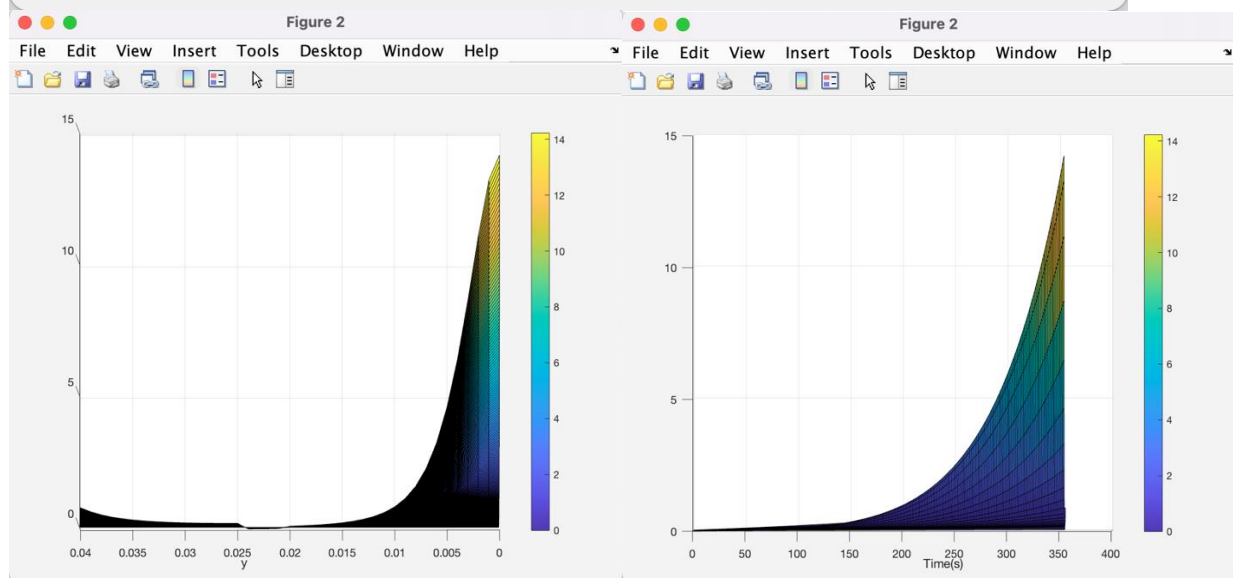
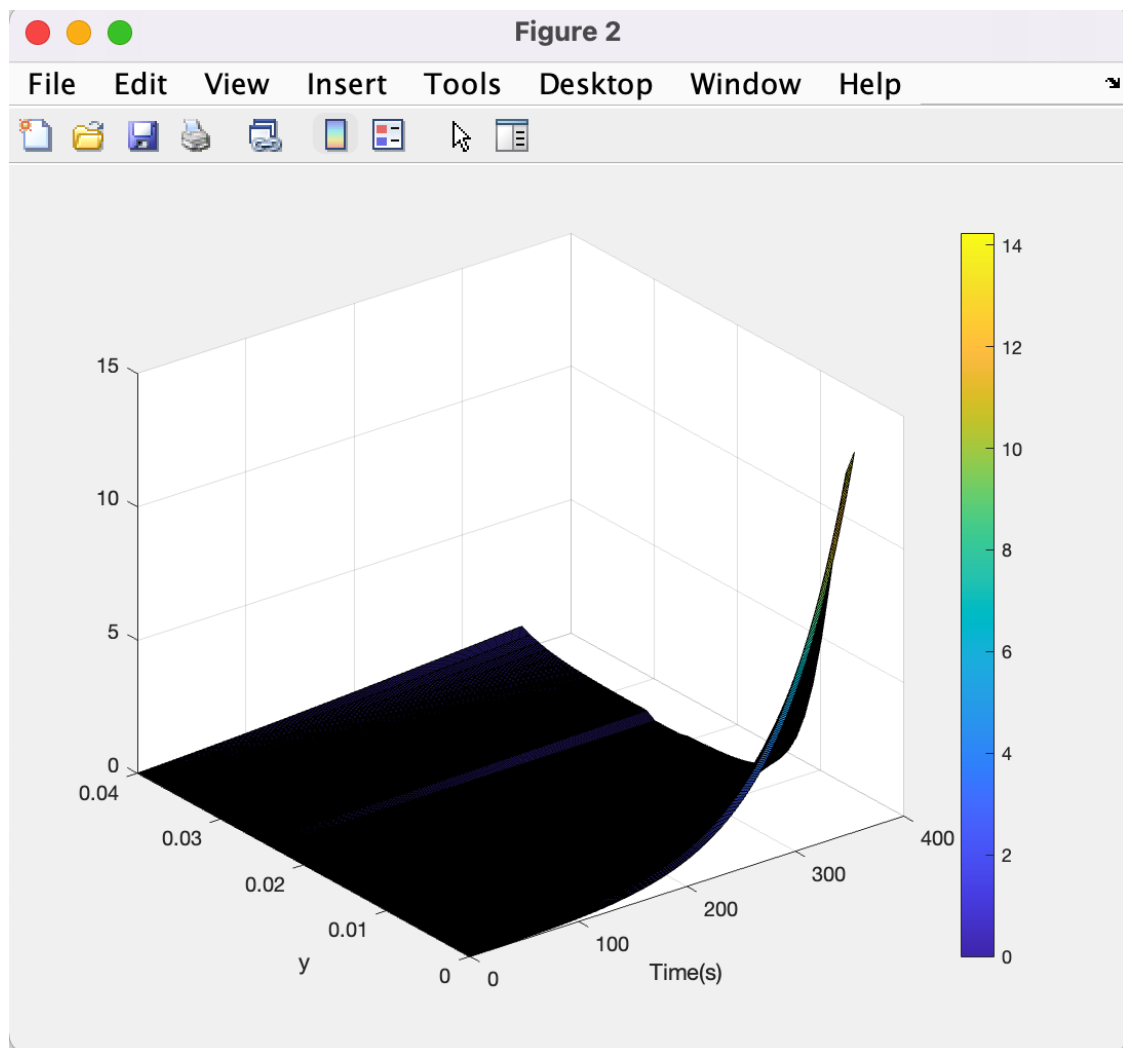
زمان بدست آمده ۳۵۵ ثانیه یا حدود ۶ دقیقه است که با زمان گفته شده در سوال مطابقت دارد

```
simulation time is = 355.00      s  
total heat        = 755.68830
```

fx >>



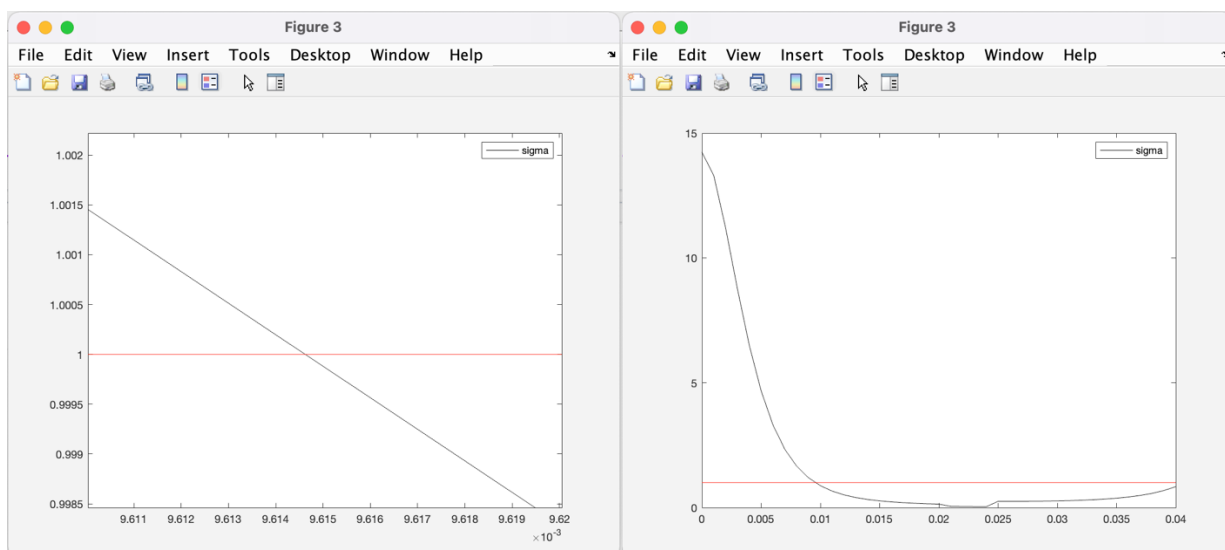
* خواسته ۳ :



نمودار آسیب برحسب زمان و ارتفاع در شکل نشان داده شده که محور x زمان، محور y ارتفاع و محور Z مقدار عددی آسیب به بافت است

* خواسته ۴ :

در شکل زیر نمودار مشکی تابع آسیب را برحسب ارتفاع در زمان ۳۵۵ ثانیه نشان می‌دهد و خط قرمز بدلاین $\sigma = 1$ است، در قسمت های بالای نمودار قرمز بافت تخریب شده و زیر نمودار قرمز بافت تخریب نشده با توجه به این که تقاطع دو نمودار در نقطه حدود 9.615 میلی‌متر است پس حدود نیمی از بافت تومور تخریب شده. و بافت چربی و بافت سالم تخریب نشده. اما در انتهای نمودار بافت سالم در خطر تخریب قرار دارد اما هنوز تخریب نشده



* خواسته ۵ :

با افزایش شدت تابش زمان رسیدن به تخریب تومور کاهش می‌یابد، و شدت تابش چون بیشترین تاثیر را روی بافت تومور دارد بعید است روی بافت سالم تاثیرگذار باشد افزایش قطر بافت چربی احتمال آسیب به بافت سالم را کاهش می‌دهد ولی تاثیرش روی تخریب بافت تومور قابل چشم پوشی است.