

Projekt: Stråldosplaner för cancerbehandling

Kravspecifikation

Fredrik Berntsson och Björn Morén

Version 1.0

Status

Granskad	FB	2022-06-13
Godkänd	FB	2020-06-13

Dokumenthistorik

Version	Datum	Utförda ändringar	Utförda av	Granskad
1.0	2022-06-13	Första versionen	FB	FB

1 Introduktion

Cancer är en av de vanligaste dödsorsakerna i Sverige såväl som i världen. De tre viktigaste behandlingsmetoderna för cancer är kirurgi, strålbehandling och cytostatika (cellgifter). Strålbehandling är inte en specifik behandling utan det finns många olika typer av behandlingar där det gemensamma är användandet av joniserande strålning. I detta projekt kommer vi att studera en av dessa behandlingsmetoder; högdosrat (HDR) brachyterapi. Vid HDR brachyterapi förs katetrar in i eller nära tumören och i dessa katetrar flyttar man sedan en radioaktiv källa, vanligtvis ^{192}Ir . För att utföra HDR brachyterapi krävs att många olika planeringsmoment utförs, ett av dessa är att skapa en stråldosplan, dvs. en plan för var och hur länge strålning skall ske vid varje behandlingstillfälle. Målet med behandlingen är att tumören ska få en tillräckligt hög stråldos samt att stråldos till frisk vävnad och organ ska undvikas om möjligt.

Projektet går ut på att skapa ett datorprogram för att automatiskt skapa stråldosplaner.

1.1 Parter

Med leverantör åsyftas i efterföljande text projektgruppen. Matematiska Institutionen (MAI) är beställare och kund.

1.2 Syfte och Mål

Målet med projektarbetet är att inhämta kunskap i hur matematiska metoder kan användas i realistiska tillämpningar, samt inhämta tillräcklig kunskap inom aktuell tillämpning för att förstå vilka möjligheter och begränsningar som metoderna som studeras har. Projektet har också som övergripande mål att ge träning i att utveckla ett system, ingenjörsmässiga arbetsmetoder, samt dokumentation och muntlig presentation.

1.3 Användning

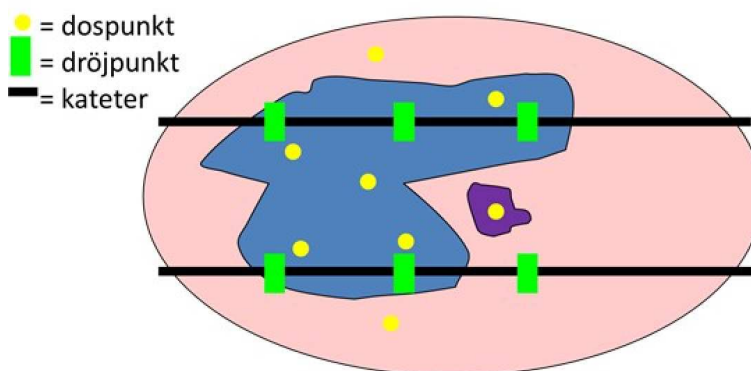
Målet är att inhämta kunskap i hur matematiska metoder, framförallt matematisk optimering, kan användas i verkliga tillämpningar. Målet är också att inhämta tillräcklig kunskap inom tillämpningen strålbehandling för att förstå hur olika matematiska val påverkar resultatet ur användarens perspektiv. Projektet har också som övergripande mål att ge träning i att utveckla system, ingenjörsmässiga arbetsmetoder, samt dokumentation och muntlig presentation.

2 Systemöversikt

En dosplan bestämmer var och hur länge strålning skall ske, för HDR brachyterapi innebär detta att bestämma i vilka av de möjliga dröjpositionerna som strålkällan skall stanna och hur länge. Att skapa en dosplan består av ett flertal olika steg som t.ex. att ta reda på hur anatomin för den specifika patienten ser ut, hur olika dröjtider påverkar levererad dos. Det system som skall byggas skall bara kunna utföra en del av dessa steg.

2.1 Grov beskrivning av produkten

Som indata till systemet ges ett antal punkter av två olika typer; dospunkter och dröjpunkter. Dospunkter används för att beskriva patientens anatomi, de består av koordinater samt information om vilken typ av vävnad den motsvarar (cancervävnad eller frisk vävnad av någon typ). Dröjpunkter motsvarar dröjpositionerna och består av koordinater. Kroppen har alltså ersatts av en mängd punkter som beskriver dess utseende. För en illustration se Figur 1.



Figur 1: Illustration av HDR brachyterapi. Det blå området motsvarar cancervävnad, det lila ett känsligt organ och det rosa övrig frisk vävnad. Denna information diskritiseras till dröj- och dospunkter.

Systemets uppgift är att utifrån dessa punkter beräkna en dosplan, för att göra detta krävs två delsystem; dosberäkningsmodul och optimeringsmodul. Systemet skall även klara av att ta fram ett antal dosutvärderingsmått, detta delsystem kommer nedan att kallas utvärderingsmodul. Utöver detta kan eventuellt en modul för datahantering behövas.

2.2 Beroenden till andra system

De punkter som är indata till systemet, dvs. dospunkter och dröjpunkter fås som två textfiler eller en Matlab fil. Textfilerna, där en innehåller dospunkter och en dröjpunkter, har följande format:

x -koordinat y -koordinat z -koordinat [typ av vävnad]

Matlabfilen innehåller tre matriser, en med koordinaterna för dospunkter (heter `points`), en med typ av vävnad för varje dospunkt (heter `structure`) och en med koordinaterna för dröjpunkter (heter `dwel1`). Koordinater är i både Matlab och textfiler angivna i *mm*. Typ av vävnad specificeras med ett nummer mellan 1 och 4 där:

1. Urethra
2. Prostata
3. Rectum
4. Normalvävnad

För tester finns punkter för 5 patienter tillgängliga. Systemet skall inte leverera några utdata till något annat system.

2.3 Ingående delsystem

Som nämnts ovan består systemet av tre eller alternativt fyra delar; dosberäkning, optimering, utvärdering och ev. datahantering.

2.4 Avgränsningar

Systemet skall ses som en prototyp och inga högre krav ställs därför på användargränssnitt eller hastighet. Inget krav ställs på fristående moduler utan de kan kopplas till varandra såsom leverantören önskar. Systemet behöver dessutom bara klara dosberäkningar i vävnader som liknar vatten såsom t.ex. prostata.

2.5 Generella krav på hela systemet

Krav 1	Original	Systemet skall kunna ta fram bra dosplaner.	Bas
Krav 2	Original	Systemet skall vara testat så att det är stabilt med avseende på de parametrar användaren kan ändra.	Bas

3 Delsystem 1 - Dosberäkning

Dosberäkningsmodulen skall beräkna dosbidrag från dröjpunkter till dospunkter. Med dosbidrag menas hur mycket en dröjpunkt bidrar till dosen i en dospunkt per tidsenhet av strålning från dröjpunkten. Dosen i en dospunkt kan då beräknas genom att multiplicera dosbidrag med dröjtid och addera detta för alla dröjpunkter.

Beräkning av dosbidrag skall göras enligt den metod som beskrivs i det bifogade dokumentet *Dosberäkning vid Brachyterapi i prostata*. Katetrarna kan antas vara riktad rakt i z -led, dvs. de motsvaras av vektorn $(0, 0, 1)^T$. Metoden kräver ett antal parametervärden som finns att tillgå antingen på text-format eller som Matlab-fil.

Krav 4	Original	Beskriv hur avståndet från en dröjpunkt till en dospunkt beräknas.	Bas(1)
Krav 5	Original	Beskriv hur vinkeln mellan kateter och dospunkt kan beräknas.	Bas(1)
Krav 6	Original	Dosberäkningar skall göras enl. den föreskrivna metoden.	Bas
Krav 8	Original	Resultaten av dosberäkningarna skall kommuniceras till optimeringsmodulen.	Bas
Krav 9	Original	Användaren skall själv kunna ställa in $RAKR_{sjukhus}$.	Bas

4 Delsystem 2 - Optimering

Ämnesområdet optimering är en gren av den tillämpade matematiken som omfattar användning av matematiska modeller och metoder för att finna bästa handlingsalternativ i olika beslutssituationer. Här handlar det om att hitta bra dosplaner.

För att skapa en dosplan behöver vi bestämma hur länge vi skall stråla i varje dröjpunkt, beslutet som skall tas är alltså tider. Planerna som skapas skall vara så bra som möjligt med avseende på följande mått. Användaren bestämmer ett intervall inom vilket de önskar att dosen ligger för varje typ av dospunkt. De bestämmer också ett straff för att avvika från intervallet, detta straff beror linjärt på avståndet till intervallet (dvs. en straffparameter multipliceras med avståndet till intervallet). Modellen kallas den linjära straffmodellen. Den bästa dosplanen är då den plan som får minst sammanlagt straff.

Intervall och straffparametrar måste kunna anpassas till varje specifik patient av användaren, lämpliga startvärden finns dock att tillgå på en textfil.

En egenskap som är viktig för matematiska optimeringsproblem är konvexitet. Enkelt uttryckt så kan man säga att konvexa problem är sådana vi kan lösa snabbt. Konvexitet beskrivs i Kapitel 2.4 och Kapitel 9.3 i Lundgren, m.fl., Optimeringslära. Om både målfunktionen och definitionsområdet för problemet är konvexa så är också problemet konvext, se definitioner 2.4 och 2.5.

Krav 13	Original	Ta fram en modell som beskriver dosplaneringsproblemet.	Bas(1)
Krav 14	Original	Implementera något sätt att lösa modellen (existerande programvara får gärna användas).	Bas
Krav 15	Original	Finn två artiklar (från olika forskargrupper) som handlar om matematiska optimeringsmodeller för brachyterapi och beskriv dessa kortfattat	Bas
Krav 15	Original	Ta fram någon alternativ modell.	Extra
Krav 15	Original	Visa att den linjära straffmodellen är ett konvext optimeringsproblem.	Extra
Krav 15	Original	Användaren skall själv kunna ställa in dosintervall samt straffparametrar.	Extra

5 Delsystem 3 - Utvärdering

För att avgöra om en dosplan är bra eller ej används ett flertal olika mått av behandlande personal. Systemet skall klara av att ta fram två sådana mått, båda kopplade till det så kallade dos-volym-histogrammet (DVH). Ett DVH presenterar för en given typ av vävnad hur stor volym som får en given dos eller mer.

Det första måttet är hur stor procent av vävnadstypen som får en given dos eller mer, kalla detta för Vx . Om vi då vill ta fram $V10$ för prostatan så betyder det att vi vill veta hur många procent av prostatan (dvs. hur många procent av punkterna som motsvarar prostatan) som får en dos som är 10 eller mer. Det andra måttet är hur stor dos en given procent av vävnadstypen får, kalla detta för Dx . Om vi vill ta fram $D20$ för urethra så betyder det att vi vill veta den högsta dosen för de 20% av urethra som får lägst dos, dvs.

bland de punkter som representerar urethra sorterar vi ut de 20% som har lägst dos och anger sedan den maximala dos som någon av dessa punkter har. Ett alternativ till att använda dos-volym-histogrammet och måtten Vx och Dx är visualisera dosen i tvådimensionella segment. Genom att rita ut både de olika strukturerna (tumör, urethra och rectum) och hur hög dosen är till dem, för ett värde på z i taget, så kan en översikt över hur dosen är fördelad fås.

Krav 13	Original	Systemet skall kunna ta fram Dx -samt Vx -mått där x anges av användaren.	Bas
Krav 14	Original	Systemet skall kunna rita upp dos-volym-histogram	Extra
Krav 15	Original	Systemet skall kunna illustrera doser grafiskt.	Extra

De mått som beställaren kommer att använda sig för att avgöra om de skapade dosplanerna är bra är framförallt $D90$ för prostata (vill att den skall vara $11.5 Gy$ eller mer), $V11.5$ för prostata (vill att den skall vara så stor som möjligt), $V17.25$ för prostata (vill att den skall vara så låg som möjligt), $D90$ för urethra (vill att den skall vara lägre än 13.3), $D90$ för rectum (vill att den skall vara lägre än 8.5), $V11.5$ samt $V23$ för normalvävnad (vill att de skall vara så låga som möjligt). Naturligtvis är dessa olika mål för måtten i konflikt, t.ex. om urethra får låg dos får även prostata det.

6 Ekonomi

Krav 17	Original	Projektet skall genomföras med en arbetsinsats på 105 timmar per student.	Bas
----------------	-----------------	---	------------

7 Leveranser

Vid slutleverans skall samtliga krav märkta **Bas** vara uppfyllda. För grupper med 5 – 6 studenter gäller att minst tre krav märkt **Extra** skall vara uppfyllda. För större grupper gäller att samtliga **Extra** krav skall vara uppfyllda.

Krav 18	Original	Leverans av gruppkontrakt skall ske till handledare och kursansvarig.	Bas
Krav 19	Original	Leverans av projektplan skall ske via e-post till beställaren och handledaren.	Bas
Krav 20	Original	Presentation av krav Bas(1) skall ske muntligt för beställare. Detta sammanfaller med BP3.	Bas
Krav 21	Original	Delleverans omfattande det utvecklade systemet, bruksanvisning, och ett utkast till den konferensartikel som presenterar arbetet skall skickas till beställare och handledare.	Bas
Krav 22	Original	Slutleverans bestående av den artikel som beskriver gruppens arbete skall skickas till handledare och beställare. Det skall tydligt framgå i texten att alla Bas-krav skall är uppfyllda samt extrakrav enligt texten ovan.	Bas
Krav 23	Original	Statusrapporter skall skickas via e-post till beställare varannan måndag under tiden som projektarbetet pågår.	Bas
Krav 24	Original	Tidsrapporter för varje vecka skall skickas via e-post till handledare och beställare senast måndag 13.00 påföljande vecka	Bas
Krav 25	Original	Leverans av efterstudie ska ske till kursansvarig.	Bas
Krav 26	Original	Krav märkta Bas* skall vara uppfyllda vid kursens avslutande och redovisning av detta sker genom mail till beställaren.	Bas

8 Dokumentation

För att beställaren skall kunna testa det utvecklade systemet behövs en bruksanvisning. Denna bruksanvisning skall förklara hur man gör för att använda systemets olika funktioner.

Krav 27	Original	En bruksanvisning skall skrivas. Det skall tydligt framgå hur systemet är tänkt att användas.	Bas
Krav 28	Original	En projektplan skall upprättas	Bas
Krav 29	Original	Mötesprotokoll skall föras vid alla möten.	Bas*
Krav 30	Original	Tidsrapporter skall sammanställas varje vecka.	Bas*
Krav 31	Original	Projektgruppensarbete skall beskrivas i en artikel som lämpar sig för att presenteras på en teknisk konferens. Artikeln skall innehålla nödvändig bakgrundsinformation, en beskrivning av vad som gjorts, samt exempel som illustrerar hur metoden fungerar. Detta dokument skall inte följa LIPS mallarna.	Bas*
Krav 32	Original	En litteraturstudie skall göras och några artiklar som beskriver liknande, eller alternativa, tillvägagångssätt skall identifieras. Detta för att beställaren skall kunna utveckla projektet vidare.	Bas*
Krav 33	Original	Det skall skrivas en text om hur det utvecklade systemet kan bidra till ett hållbart samhälle. Omfattningen bör vara en till två paragrafer. Denna skall ingå i artiklens introduktion eller i sammanfattningen.	Bas*
Krav 34	Original	En efterstudie skall skrivas.	Bas*
Krav 35	Original	Alla dokument som lämnas till beställare skall granskas, med avseende på både språk och innehåll, av minst en projektdeltagare, utöver den som skrev texten.	Bas*
Krav 36	Original	Alla dokument skall följa LIPS-mallarna	Bas*