



***MRI* Planning**

- *Vertrouwelijk* -

[*Gecensureerd*]

Chrétien Verhoef

Stageverslag

**Bedrijfswiskunde en Informatica
Vrije Universiteit Amsterdam**



MRI Planning

Stageverslag

Chrétien Verhoef



ORTEC b.v.
Publieke sector
Groningenweg 6
2803 PV Gouda



vrije Universiteit amsterdam

vrije Universiteit
Faculteit der Exacte Wetenschappen
Bedrijfswiskunde en Informatica
De Boelelaan 1081a
1081 HV Amsterdam

Voorwoord

Dit stageverslag is de afsluiting van mijn studie Bedrijfswiskunde en Informatica aan de Vrije Universiteit Amsterdam. Deze afsluiting heb ik als het waardevolste onderdeel van mijn gehele studie ervaren. Tijdens deze stage heb ik namelijk meer geleerd op vlakken die alle vakken mij op de universiteit nooit zouden kunnen bieden.

Natuurlijk wil ik ORTEC bedanken voor het mogelijk maken van deze stageopdracht. Vooral gaat mijn dank uit mijn begeleiders vanuit ORTEC: Marjolein Jungman en Ronald de Boer, en naar alle gezellige collega's van de afdeling Publieke Sector en KLM die mijn tijd bij ORTEC erg fijn hebben gemaakt! Daarnaast wil ik mijn begeleider vanuit de Vrije Universiteit, Geert-Jan Franx bedanken voor het meedenken bij inhoudelijke problemen van het onderzoek.

Mijn dank gaat ook uit naar het team van de afdeling beeldvormende technieken van het Jeroen Bosch Ziekenhuis in Den Bosch. Zij hebben mij geholpen bij het verkrijgen van data, en hebben mij wegwijs gemaakt op de afdeling. Ook hebben zij mij de mogelijkheid geboden om mee te lopen en zelf metingen te verrichten in de MRI onderzoekskamers tijdens normale werkdagen.

Chrétien Verhoef
November 2007

Samenvatting

In dit onderzoek is de werking van het MRI proces van de radiologieafdeling bij het Jeroen Bosch Ziekenhuis (JBZ) onderzocht en zijn de belangrijkste deelprocessen beschreven. Specifiek is hierbij gekeken naar de methoden die worden gebruikt om afspraken met patiënten voor MRI onderzoek in te plannen, de door JBZ gehanteerde planningslogistiek en de methoden die door JBZ worden gehanteerd om het MRI proces te optimaliseren in termen van doorlooptijd en onderzoekcapaciteit. Door deze optimalisatie wordt door JBZ een zeer hoge bezettingsgraad bereikt.

Er is onderzoek gedaan naar onder andere het aankomstgedrag van patiënten en de MRI onderzoeksduren. Mede met gebruik van deze resultaten is een mathematisch model opgesteld waarmee een openingsplanning, en daarmee de beschikbare scancapaciteit, kan worden doorerekend in termen van aantal verwerkte aanvragen, bezettingsgraden, deadline overschrijdingen en dergelijke. Dit model is geïmplementeerd in een simulatietool. Deze tool kan niet juist worden gevalideerd.

Een andere, door JBZ voorgestelde, zogenaamde centrale planningsmethode wordt besproken. Een goed beeld van de impact, voor en nadelen en precieze invulling van deze planningsmethode blijkt nog niet bij JBZ te bestaan. De eerder genoemde simulatietool is aangepast om, met behulp van enkele zeer basale, veronderstellingen deze centrale planningsmethode te kunnen doorrekenen. Daarnaast is er een tweede elementair wachtrij model opgesteld waardoor basaal inzicht kan worden verkregen op de effecten van decentraleplanning op de toetredingstijden. Een decentrale planningsmethode blijkt langere toetredingstijden op te leveren dan een centrale methode. Het wordt afgeraden om, zeker met de onzekere invulling van een dergelijke methode, deze decentrale planningsmethode toe te passen.

Inhoudsopgave

1	INLEIDING	3
1.1	MRI PLANNING	3
1.2	STAGEPLEK ORTEC.....	4
1.3	JBZ	4
2	ONDERZOEKSOMSCHRIJVING	5
2.1	DOELSTELLINGEN.....	5
3	ONDERZOEKSAANPAK.....	9
3.1	PROCESVERKENNING	9
3.2	MODELBOUW	9
3.3	DATA-ANALYSE.....	10
3.4	VERIFICATIE EN VALIDATIE	11
3.5	SIMULATIETOOL	12
3.6	CONCLUSIE.....	12
4	MRI PROCES.....	15
4.1	PATIËNTGROEPEN	15
4.2	WERKZAAMHEDEN	18
4.3	MRI PROCESSTAPPEN.....	18
4.4	TIJDSBEGRIPPEN	24
5	PLANNINGSLOGISTIEK	27
5.1	INLEIDING.....	27
5.2	VERRICHTINGSSOORTEN.....	27
5.3	STURING 'AAN DE POORT'	30
5.4	PRESTATIE-INDICATOREN.....	32
5.5	OVERIGE PLANNINGSLOGISTIEKE ASPECTEN	33
6	INTERVENTIES.....	35
6.1	OPTIMALISERING IN THEORIE	35
6.2	OPTIMALISERING IN DE PRAKTIJK.....	37
7	MRI PLANNING.....	41
7.1	PLANNINGSOORTEN.....	41
7.2	PLANNINGSMETHODE	44
7.3	PLANBEWAKING	46
7.4	CONCLUSIE.....	47
8	PLANNING SIMULATIE	49
8.1	PLANNING TOOL.....	49
8.2	DISCRETE EVENT KORTE TERMIJN SIMULATIE.....	50
8.3	MATHEMATISCH MODEL.....	53
8.4	IMPLEMENTATIE	64
8.5	IMPLEMENTATIE RESULTAAT.....	66

9	DECENTRALE CAPACITEITSPANNING	71
9.1	DECENTRALE PLANNING.....	71
9.2	PROBLEMATIEK DECENTRALE PLANNING.....	74
9.3	MODELAAANPASSING DECENTRALE PLANNING	75
9.4	DECENTRAAL VERSUS CENTRAAL.....	75
9.5	DECENTRAAL VERSUS CENTRAAL, TWEEDE METHODE.....	77
9.6	CONCLUSIE.....	89
10	CONCLUSIES & AANBEVELINGEN	91
11	DISCUSSIE.....	93
	BRONVERMELDING	97
	BIJLAGE A: MATHEMATISCHE METHODEN.....	99
	BIJLAGE B: MRI ONDERZOEKSAANTALLEN	103
	BIJLAGE C: VERGELIJKINGSONDERZOEK	105
	BIJLAGE D: DATA ANALYSE.....	112
	BIJLAGE E: VERIFICATIE EN VALIDATIE.....	118
	BIJLAGE F: GEBRUIKTE PROGRAMMA'S	120
	BIJLAGE G: ORGANISATIESTRUCUUR	123
	INDEX.....	125

1 Inleiding

1.1 MRI Planning

Dit onderzoek heeft betrekking op het inplannen van patiënten. Patiënten willen bij het laten maken van een MRI onderzoek in een ziekenhuis natuurlijk zo snel mogelijk geholpen kunnen worden. Vaak is dit wegens de beperkte beschikbare onderzoekscapaciteit niet mogelijk en zal de patiënt op een wachtlijst geplaatst moeten worden of zal er een afspraak in de toekomst worden gepland. Het management van de radiologieafdeling wil de budgetgebonden capaciteit zo goed mogelijk benutten, en dient deze capaciteit te verdelen over de verschillende ziekenhuis clusters die gebruik maken van de radiologiec capaciteit.

Dit onderzoek vindt plaats in samenwerking met ORTEC en het Jeroen Bosch Ziekenhuis (JBZ). Doel bij deze samenwerking is te onderzoeken op welke wijze MRI onderzoeken worden gepland en welke planningslogistiek hierbij wordt toegepast. Daarnaast wordt er een methode ontwikkeld om de effecten van veranderingen aan een MRI openingsplanning te kunnen meten. Meer over de precieze onderzoeksomschrijving is te vinden in het volgende hoofdstuk.

De rest van dit verslag is als volgt opgebouwd:

In dit eerste hoofdstuk zal verder worden ingegaan op de stageplek bij ORTEC en de samenwerking met JBZ.

In hoofdstuk 2 "Onderzoeksomschrijving" zal uitvoerig worden ingegaan op de stageopdracht en zullen enkele deelproblemen worden gedefinieerd.

In hoofdstuk 3 "Onderzoeksaanpak" zullen de stappen worden beschreven van de aanpak waarmee de deelproblemen uit de onderzoeksomschrijving in dit onderzoek zijn aangepakt.

In hoofdstuk 4 "MRI Proces" worden de belangrijkste deelprocessen van het MRI proces beschreven.

In hoofdstuk 5 "Planningslogistiek" wordt een overzicht van de planningslogistieke aspecten die spelen bij een MRI afdeling gegeven.

In hoofdstuk 6 "Interventies" worden de meest voorkomende interventies besproken die worden toegepast om te komen tot procesoptimalisatie. Daarnaast wordt er gekeken naar de interventies die JBZ toepast.

In hoofdstuk 7 "MRI Planning" zal de huidige manier om MRI onderzoeken met bijbehorende patiënten in te plannen die bij JBZ wordt gebruikt worden besproken.

In hoofdstuk 8 "Planning Simulatie" zal een methode worden ontwikkeld om (lange termijn) effecten van een capaciteitsplanning, gegeven de benodigde inputparameters, te

kwantificeren. Daarnaast wordt een tool ontworpen waarin deze methode wordt geïmplementeerd en daarmee kan worden doorgerekend.

In hoofdstuk 9 “Decentrale Capaciteitsplanning” wordt een decentrale methode van patiëntplanning besproken.

In hoofdstuk 10 “Conclusies en Aanbevelingen” zal dit onderzoek worden samengevat en zullen conclusies worden getrokken. Ook worden er enkele aanbevelingen omtrent de MRI planning gedaan.

In hoofdstuk 11 “Discussie” zal een discussie volgen over problemen waar bij deze stage tegenaan is gelopen en eventuele oplossingen.

In de verschillende bijlagen zijn onder andere simulatieresultaten, simulatie-invoer, onderzoeks aantallen, gebruikte computerprogramma’s en dergelijke te vinden.

1.2 Stageplek ORTEC

Dit onderzoek is uitgevoerd bij *ORTEC* te Gouda. *ORTEC* is een onafhankelijke en toonaangevende organisatie op het gebied van consultancy en ontwikkeling van geavanceerde planningsystemen. *ORTEC* ontwikkelt onder andere diverse beslissingsondersteunende systemen en (standaard)softwarepakketten waarin planning en optimalisatie een belangrijk onderdeel vormt. Centraal in deze systemen staat de inzet en praktische toepassing van technieken uit Operations Research, Econometrie, Management Science en innovatieve Informatietechnologie.

De afdeling binnen *ORTEC* waarvoor deze opdracht is uitgevoerd is Publieke Sector. Deze afdeling houdt zich bezig met opdrachtgevers uit de publieke marktsector waaronder zorg, overheidsinstellingen en ziekenhuizen. Standaard of maatoplossingen worden ontwikkeld en aangepast aan de eisen van de opdrachtgevers. Zie Bijlage G: Organisatiestructuur voor een overzichtschema van de verschillende afdeling van *ORTEC*.

1.3 JBZ

Dit onderzoek vindt plaats in samenwerking met en is gebaseerd op een vraagstelling van de radiologieafdeling (of ook cluster “beeldvormende technieken” genoemd) van het Jeroen Bosch Ziekenhuis (JBZ) te Den Bosch. Het JBZ bestaat uit vijf locaties in en rond Den Bosch. Het is een van de grotere algemene ziekenhuizen in Nederland met ongeveer 3800 medewerkers, 230 specialisten en 1100 bedden. De radiologieafdeling waarop dit onderzoek betrekking heeft bestaat uit twee locaties. Beide locaties (GZG, WAZ) hebben de beschikking over een MRI onderzoekskamer.



2 Onderzoeksomschrijving

In dit hoofdstuk zal uiteen worden gezet welke doelstellingen dit onderzoek bevat en zal de probleemomschrijving worden afgebakend. In de eerste paragraaf zal er een korte introductie over radiologieplanning worden uiteengezet, vervolgens zullen de verschillende doelstellingen worden besproken.

2.1 Doelstellingen

Zoals in de inleiding is vermeld vindt dit onderzoek plaats in samenwerkingsverband tussen ORTEC en de radiologieafdeling van het Jeroen Bosch Ziekenhuis (JBZ). De doelstellingen zijn daarom tweeledig, enerzijds wilt ORTEC inzicht krijgen in de (planning)processen, planningsproblematiek van een radiologieafdeling en mogelijkheden tot optimalisatie van deze processen, anderzijds wilt het JBZ een helpende hand bij onderzoek naar hun manier van het volplannen van onderzoeken op de radiologieplanning. Voor dit onderzoek kunnen daarom enkele samenhangende doelstellingen worden geformuleerd. Deze doelstellingen zullen in deze paragraaf worden besproken.

2.1.1 MRI Radiologie(plan)proces

Een doelstelling vanuit ORTEC is om inzicht te krijgen in het radiologieproces. Onder dit radiologieproces verstaan we alle stappen of processen die nodig zijn of doorlopen worden vanaf de aanvraag van een onderzoek voor een patiënt op de radiologieafdeling tot en met het moment dat de resultaten van dat betreffende onderzoek volledig beschikbaar zijn gesteld, en daarmee het complete radiologieproces voor de patiënt is beëindigd.

Specifiek is ORTEC geïnteresseerd in het planningsvraagstuk wat speelt bij het inplannen van onderzoeken van de patiënten op de specifieke tijden dat het mogelijk is om het onderzoek uit te voeren. Hoe worden onderzoeken ingepland? JBZ is geïnteresseerd in de mogelijkheden van de gevolgde capaciteitsplanning voor MRI onderzoeken. Er is mede hierom gekozen om binnen het grotere radiologieproces te focussen op het MRI deelproces. Voor deze keuze om bij dit onderzoek speciaal te focussen op de MRI onderzoeken verwijs ik naar 5.2 Verrichtingssoorten. Hieronder zullen de doelstellingen met betrekking tot het MRI (plan)proces nader worden omschreven:

MRI proces

Wat zijn de belangrijkste stappen die nodig zijn vanaf de aanvraag van een MRI onderzoek voor een patiënt tot en met het moment dat de resultaten van het MRI onderzoek beschikbaar zijn gesteld, en hiermee in feite de 'patiënt' weer het MRI proces zal verlaten? Onder patiënt wordt hier niet de fysieke patiënt bedoelt, maar alle informatie en handelingen omtrent de te onderzoeken patiënt. De patiënt zelf zal namelijk enkel tijdens

het onderzoek fysiek aanwezig zijn. Verschillende deelprocessen kunnen bijvoorbeeld zijn: het maken van een afspraak voor het onderzoek en het uitvoeren van het onderzoek.

Doel 1: *Beschrijf en breng de belangrijkste (deel)processen van het MRI (scan)proces in kaart.*

Zie hoofdstuk 4 voor resultaten.

MRI procesoptimalisatie

De radiologieafdeling van JBZ is al enkele jaren bezig met het optimaliseren van de MRI procesgang. De belangrijkste doelen van deze procesoptimalisatie zijn:

- De capaciteit van het aantal mogelijke onderzoeken op de MRI afdeling vergroten, met gebruik van dezelfde capaciteit aan middelen.
- De doorlooptijd vanaf de aanvraag van een onderzoek tot aan het beschikbaar zijn van de onderzoeksresultaten verkleinen.

ORTEC is geïnteresseerd in de bestaande mogelijkheden voor optimalisatie van het radiologieproces. Het in kaart brengen van de huidige stappen die al ondernomen zijn om voor een betere procesgang te zorgen is daarom van belang. Er is door JBZ gekozen om te focussen op MRI omdat MRI een verrichting is waarbij de planning van de capaciteit voor de verrichting meer van belang is dan bij andere soorten verrichtingen.

Doel 2: *Onderzoek welke huidige stappen er genomen zijn om het MRI proces te verbeteren.*

Zie hoofdstuk 6 voor resultaten.

MRI planning

De onderzoeken van de patiënten die op de MRI apparatuur moet worden uitgevoerd zullen moeten worden ingepland op de momenten dat het mogelijk is om deze onderzoeken uit te voeren. ORTEC is geïnteresseerd in de huidige methode die worden gebruikt voor dit inplannen van de onderzoeken. Via welke methode worden de momenten bepaald dat een patiënt langs mag komen voor de uitvoering van zijn onderzoek? Kortom, hoe wordt een aangevraagd onderzoek ingepland in de roosters?

Doel 3: *Onderzoek en beschrijf de huidige methode van het inplannen van MRI onderzoeken.*

Zie hoofdstuk 7 voor resultaten.

2.1.2 Capaciteitsplanning

De vraag die binnen het management van de radiologieafdeling speelt is het zogenoemde 'capaciteitsvraagstuk'. Binnen de radiologieafdeling van JBZ, en daarmee ook binnen MRI,

worden verschillende patiënten instroomtypes (zie 4.1) onderscheiden. Voor elk van deze instroomtypes wordt een vooraf bepaalde hoeveelheid onderzoekscapaciteit ingepland op de beschikbare scanapparatuur door het reserveren van ruimte voor de betreffende patiëntencategorie in de radiologieroosters. Met andere woorden, er wordt voor elk type patiënt ruimte gereserveerd op de scanapparatuur voor het doen van de onderzoeken behorende bij dat type patiënt. Onder *capaciteitsplanning* wordt hier het reserveren van onderzoeksruimte voor bepaalde patiëntgroepen verstaan.

Het is natuurlijk mogelijk om voor bepaalde type patiënten meer ruimte te reserveren dan voor andere type patiënten. Door zulke aanpassingen zullen sommige type patiënten langer moeten wachten tot een onderzoek uitgevoerd kan worden dan andere type patiënten. Het is daarom mogelijk om doormiddel van het aanpassen van deze beschikbare in te plannen ruimte voor elke patiëntencategorie de toelaatbare instroomcapaciteit te reguleren.

Het management van de radiologieafdeling wil weten wat de lange termijn effecten zijn van aanpassingen in de capaciteitsplanning. Wat gebeurt er als een bepaalde patiëntengroep meer in groei fluctueert, of sterker groeit dan een andere groep? Kan er een methode worden gebruikt om deze effecten te maatstaven? Kan er een methode worden aangereikt om tot een kwantificatie te kunnen komen van de lange termijn effecten?

Doel 4: *Ontwikkelen van een methode om (lange termijn) effecten van een capaciteitsplanning te kwantificeren.*

Zie hoofdstuk 8 voor resultaten.

2.1.3 Decentrale planning

De planning voor een resource welke door meerdere categorieën aanvragers kan worden gebruikt kan globaal op twee manieren worden toegewezen: centraal of decentraal. Bij een centraleplanning zullen alle aanvrager voor de resource centraal worden gecoördineerd en zodanig worden ingepland in de planning voor de resource. De aanvragen komen bij centrale planning op één centraal punt terecht. Decentrale planning hanteert het tegenovergestelde principe; Hierbij heeft elke categorie aanvragers een kleiner deel van de planning tot zijn beschikking en kan dit deel van de planning zelfstandig inplannen. De coördinatie van de planning ligt in dit geval niet op één centraal punt, maar decentraal bij de verschillende categorieën aanvragers.

Bovenstaande situatie is ook toe te passen op MRI planning. Van oudsher worden in de gezondheidszorg plannings voor resources centraal ingepland, dit is ook het geval bij de MRI planning van JBZ. Een groot voordeel van decentrale planning is dat de individuele afdelingen zelf beter kunnen inschatten welke patiënten, die zij via hun afdeling willen inplannen, hogere prioriteit hebben ten opzichte van overige patiënten op dezelfde afdeling.

De radiologieafdeling is voornemens om van de huidige centrale planning over te gaan op decentrale planning. Wat zijn in het geval van decentrale planning de lange termijn effecten

van de capaciteitsplanning? Daarom zal het voorgaande besproken doel ook voor decentrale planning moeten worden gekwantificeerd.

Doel 5: *Ontwikkelen van een methode om (lange termijn) effecten van een 'decentrale' capaciteitsplanning, gegeven de benodigde inputparameters, te kwantificeren.*

Zie hoofdstuk 9 voor resultaten.

3 Onderzoeksaanpak

Om de doelstellingen zoals die beschreven zijn in het vorige hoofdstuk te kunnen verwezenlijken zullen er in dit onderzoek een aantal stappen worden doorlopen. In dit hoofdstuk zullen de onderdelen procesverkenning, modelbouw, data-analyse, verificatie en validatie en implementatie van de aanpak kort worden doorlopen. Tot slot zal in de laatste paragraaf de aanpak worden samengevat.

3.1 Procesverkenning

Het eerste onderdeel betreft de procesverkenning. Doel van de procesverkenning is om de globale MRI processen in kaart te brengen, en anderzijds om specifiek op het proces rond het MRI scannen en het inplannen te focussen. Hierdoor is het mogelijk om doelstellingen 1, 2 en 3 te verwezenlijken.

Bij deze globale procesverkenning wordt gekeken naar het gehele MRI proces. Er wordt hierbij gefocust op vragen als: welke verschillende patiënten stromen zijn er?, op welke manieren komen deze bij de radiologie afdeling?, wat voor onderzoeken zijn er mogelijk?, op welke manier worden onderzoeken van de patiënten ingepland in de planning?, welke stappen zijn er door JBZ ondernomen om het radiologieproces te stroomlijnen?

De uitvoering van de procesverkenning bestaat uit literatuurstudie en gesprekken met de radiologieleiding, planners, radiologen en laboranten. Hierdoor wordt informatie ingewonnen om op deze vragen die nodig zijn voor de gestelde doelen een antwoord te kunnen geven. Daarnaast is het, vooral voor doel 2b, van belang dat er wordt meegelopen op de MRI scanafdeling om het gehele MRI proces van aanvraag, planning, uitvoering (scannen) en de uiteindelijke verslaglegging te kunnen inventariseren.

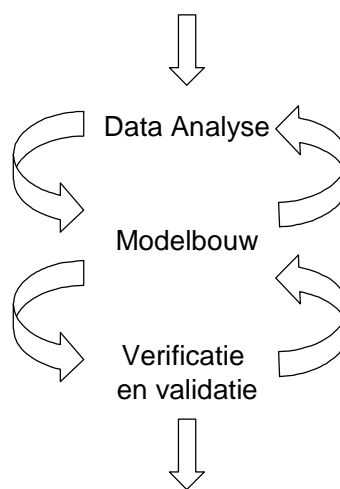
3.2 Modelbouw

Om doel 4 te kunnen verwezenlijken zal er doormiddel van de resultaten van de procesverkenning een (wiskundig) model opgesteld moeten worden waarmee de MRI afdeling modelmatig kan worden beschreven en de (lange termijn) effecten van een bepaalde planningsstrategie gekwantificeerd kunnen worden. Er moet een specifieke keuze worden gemaakt met betrekking tot de onderdelen die in het model worden opgenomen. Het model beschrijft daarom niet de werkelijkheid, maar enkel een deel van de werkelijkheid.

Het opgestelde model zal voorzien moeten worden van parameters. Sommige van deze parameters zijn relatief eenvoudige invoerparameters, andere parameters worden verkregen uit data analyse (3.3).

Iteratieve modelering

Bij het ontwerp en implementatie van het wiskundige model zal gebruik worden gemaakt van iteratieve modelering. Dit houdt in dat er na de procesverkenning begonnen wordt met het ontwerpen van het wiskundige model, maar tegelijkertijd ook data analyse plaatsvindt, zodat er besloten kan worden welke aspecten in de modelering meegenomen moeten worden of juist uit de modelering kunnen worden weggelaten. Tegelijkertijd vindt er ook verificatie en validatie (3.4) van de modelering plaats. Kortom, al deze drie stappen vinden op een iteratieve manier gelijktijdig plaats. Hierdoor is het mogelijk om direct aanpassingen in het model te maken als de data-analyse dit vereist, en fouten in het model te verbeteren als delen van het model niet door de verificatie en validatie komen. Deze manier van werken staat in software engineering bekend als de 'Incremental Development' methode [Vliet, 2000].



Figuur 3-1 Iteratieve modelbouw

3.3 Data-analyse

Bij het maken van het model moeten keuzes worden gemaakt over de onderdelen en effecten die in het model moeten worden opgenomen. Tevens zal er moeten worden bepaald op welke wijze deze onderdelen of effecten in het model worden gemodelleerd. Door middel van data-analyse wordt geprobeerd hier een antwoord op te geven. Daarnaast kunnen benodigde invoerparameters voor het model door data-analyse worden bepaald.

Zoals in de vorige paragraaf al genoemd vindt de data-analyse iteratief plaats gezamenlijk met de modelbouw. Er is namelijk een continue wisselwerking tussen beide processen. Tijdens de modelbouw moeten keuzes worden gemaakt, zoals bijvoorbeeld het meenemen van bepaalde effecten in het model, hiervoor is vaak data-analyse nodig om uitkomst te geven.

Het kan voorkomen dat data-analyse voor bepaalde analyses niet mogelijk is. Dit kan bijvoorbeeld gebeuren als er gebrek is aan de juiste benodigde data. Als dit het geval is

zullen er aannames gemaakt moeten worden, of wordt de ervaring van werknemers van de radiologie afdeling gebruikt om gebruik te maken van schattingen.

3.4 Verificatie en validatie

Het is de bedoeling dat het juiste model wordt gekozen om de doelstellingen te kunnen bereiken, daarnaast is het ook van belang dat dit model op de juiste manier wordt geïmplementeerd. Door het gebruik van juiste verificatie en validatie methoden kan er zoveel mogelijk voor juiste implementatie worden gezorgd. In deze paragraaf zal worden besproken wat verificatie en validatie inhoudt en welke globale stappen voor verificatie en validatie nodig zijn. In Bijlage E: Verificatie en Validatie wordt er dieper op al deze stappen ingegaan en worden deze uitvoerig beschreven. Zowel de modelbouw en de implementatie van het model zullen worden onderworpen aan validatie en verificatie.

Verificatie

Model *verificatie* is er voor zorgdragen dat de implementatie van het computerprogramma en het te implementeren model juist is [Sargent, 2003]. Door middel van verificatie kan worden beoordeeld of het model op een juiste manier is geïmplementeerd en dus correct werkt.

Bij verificatie worden de volgende vier stappen doorlopen:

1. Zijn de juiste invoervariabelen gekozen, en worden deze juist ingelezen in het model?
2. Is de implementatie van het model correct?
3. Worden de uitvoervariabelen juist berekend?
4. Is de experimentele opzet juist?

Validatie

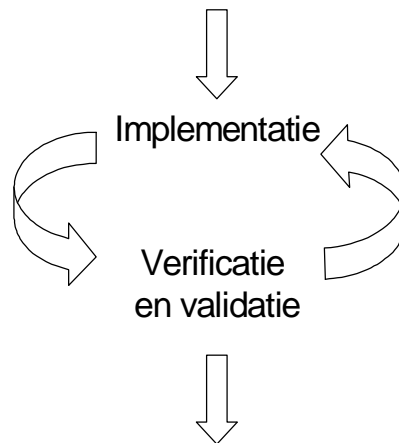
Model *validatie* is er voor zorgdragen dat het ontwikkelde model, in het domein waarin het gebruikt wordt, voldoende overeenkomt met de werkelijke processen die worden gemodelleerd [Sargent, 2003]. Door middel van validatie kan worden beoordeeld of het *juiste* model wordt geïmplementeerd en dus voor het juiste model is gekozen. Met andere woorden: het model komt in juiste mate overeen met de werkelijkheid.

Er wordt onderscheidt gemaakt tussen *replicatieve validatie* en *structurele validatie*. De twee methoden van validatie dienen beide te worden toegepast:

- *Replicatieve validatie*: komen de waarden uit het model overeen met de werkelijke waarden?
- *Structurele validatie*: klopt het gedrag van het model met de werkelijkheid?

3.5 Simulatietool

Om doel 4 (ontwikkelen van een methode om (lange termijn) effecten van een planning te kwantificeren) te kunnen realiseren zal het wiskundige model worden geïmplementeerd in een computerprogramma, zodat deze gebruikt kan worden om de effecten van een openingsplanning door te kunnen rekenen. Ook tijdens de ontwikkeling van dit computerprogramma vindt er, net als bij de modelbouw, op een iteratieve manier verificatie en validatie plaats.



Figuur 3-2 Iteratieve implementatie

Voordat er tot de daadwerkelijke implementatie kan worden overgegaan zal er een juiste ontwikkelomgeving voor het te bouwen computerprogramma gekozen moeten worden. Deze ontwikkelomgeving dient aan de volgende eisen te voldoen:

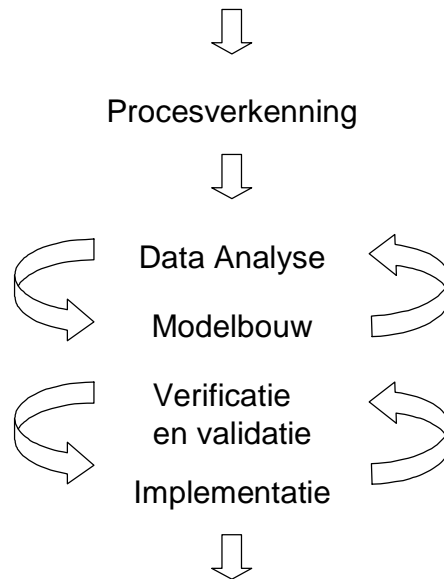
- Werken onder Microsoft Windows 2000
- Benodigde invoergegevens op een eenvoudige manier in kunnen lezen
- Resultaten op een eenvoudige manier kunnen weergegeven
- Relatief eenvoudig uit te breiden zijn
- Visueel te bedienen zijn, zoals bijvoorbeeld Microsoft Office programma's

Zie 8.4 voor meer informatie omtrent de implementatie van de simulatietool.

3.6 Conclusie

In deze paragraaf zullen de verschillende stappen van de aanpak die besproken zijn in dit hoofdstuk aan elkaar worden gerelateerd. Op deze manier ontstaat er een overzicht van de stappen die ondernomen moeten worden om de gestelde doelen te kunnen bereiken.

In onderstaand figuur zijn op schematische wijze alle verschillende stappen aan elkaar gerelateerd. Als eerste zal er worden begonnen met de procesverkenning van het MRI proces. Vervolgens zal er worden gestart met data-analyse en de mathematische modelbouw. Deze twee stappen zullen tegelijkertijd plaatsvinden, zodat resultaten uit de data-analyse in het model verwerkt kunnen worden. Zodra het model vorm begint te krijgen zal deze iteratief worden geverifieerd en gevalideerd. Als het model uiteindelijk volledig is zal deze worden geïmplementeerd in een computerprogramma. Ook tijdens deze implementatiestap zal iteratief teruggekomen worden op verificatie en validatie. Zodra al deze stappen doorlopen zijn kan het computerprogramma worden opgeleverd.



Figuur 3-3 Overzicht aanpak

4 MRI Proces

In dit hoofdstuk zullen de belangrijkste deelprocessen van het MRI proces worden beschreven, overeenkomend met het eerste doel van dit onderzoek: *beschrijf en breng de belangrijkste (deel)processen van het MRI (scan)proces in kaart.*

Er zal niet worden ingegaan op de planning van MRI onderzoeken. Meer informatie over het inplannen van MRI onderzoeken is te vinden in hoofdstuk 7.

In de eerste paragraaf zullen de verschillende patiëntgroepen worden besproken waarmee de MRI afdeling te maken heeft. Vervolgens zal er worden overgegaan op de verschillende MRI processen en tot slot zullen tijdsbegrippen worden behandeld.

4.1 Patiëntgroepen

Bij de radiologieafdeling worden (binnen komende) patiënten geclassificeerd in verschillende categorieën. Deze classificatie dient ervoor te zorgen dat patiëntstromen gescheiden en apart ingepland kunnen worden voor onderzoek. Daarnaast kan er door deze scheiding van patiënten ook voorrang worden toegekend aan een bepaalde groep patiënten. Ook is het door middel van deze categorieën mogelijk om capaciteitssturing te gebruiken (zie 5.3). De instroomcapaciteit van een bepaalde categorie kan dan bijvoorbeeld worden vergroot of verkleint. Op deze manier kan er worden gestuurd op een andere capaciteitsbenutting.

De classificatie van patiëntgroepen wordt gebaseerd op twee soorten indelingen: indeling naar *onderzoeksprioriteit* en indeling naar *instroomtype*.

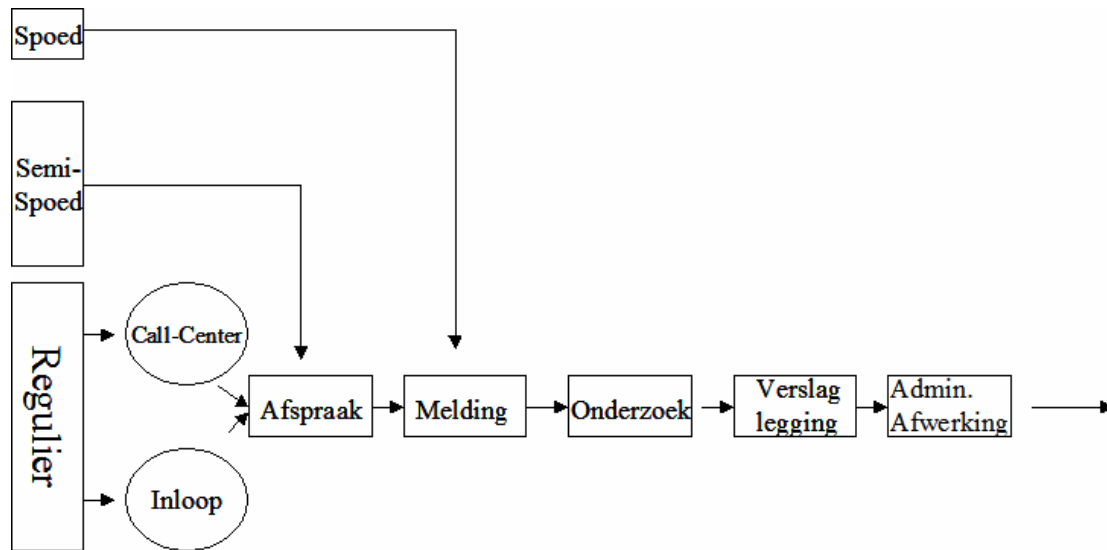
4.1.1 Onderzoeksprioriteit

De indeling van patiënten naar de onderzoeksprioriteit schaaft de onderzoeken van de patiënten in naar de prioriteit van het onderzoek op tijdsbasis. Er wordt gekeken met welke prioriteit een onderzoek uitgevoerd dient te worden. Een onderzoek kan bijvoorbeeld zo spoedig mogelijk moeten worden uitgevoerd, of juist geen haast hebben zodat uitvoering binnen een maand ook wordt geaccepteerd. Er worden vier gradaties van prioriteit onderscheiden: hoge-spoed, spoed, Semi-spoed en regulier:

Hoge-spoed

Deze groep patiënten dient per direct te worden onderzocht. Voorbeelden hiervan zijn patiënten die na een verkeersongeluk met de ambulance worden binnengebracht en er het vermoeden bestaat dat er een dwarslaesie kan worden geconstateerd. Deze patiënten krijgen tijdens de reguliere openingstijden direct voorrang op alle overige patiënten.

Spoed onderzoeken slaan het Afspraak proces over en komen direct bij het Meldingsproces terecht.



Figuur 4-3 MRI Deelprocessen

4.3.1 Afspraak

Het eerste deelproces omvat de arriverende aanvragen voor onderzoek. Voor deze aanvragen dient in overeenkomst met de patiënt een afspraak moment te worden gepland op de beschikbare momenten dat het onderzoek op de MRI afdeling uitgevoerd kan worden.

De manier waarop afspraken voor onderzoeken kunnen worden gemaakt hangt af van het type patiënt. Reguliere aanvragen kunnen na doorverwijzing van een arts zelf worden aangevraagd door de patiënt of direct door de verwijzend arts. Spoed en Semi-spoed aanvragen zullen door de verwijzend arts zelf moeten worden aangevraagd. Patiënten kunnen afspraken maken via de balies op locatie (ook Inloop genoemd) of via het call-center. Aanvragen die worden gedaan door verwijzend artsen zullen door middel van fax, post of intern via de buizenpost bij de balie moeten worden aangevraagd. Spoed aanvragen kunnen enkel telefonisch worden aangevraagd. Semi-spoed aanvragen kunnen enkel via de fax worden aangevraagd. Klinische aanvragen kunnen daarentegen enkel via fax of buizenpost worden aangevraagd.

Het maken van een afspraak voor reguliere patiënten bestaat uit het inplannen van een voorgedefinieerd onderzoek op een specifieke datum-tijd combinatie in de toekomst. De Semi-spoed patiënten worden met voorrang op de reguliere patiënten ingepland. In eerste instantie wordt deze groep ingepland op bepaalde speciaal voor deze groep gereserveerde timeslots. Bij het maken van de afspraak wordt standaard geprobeerd een zo kort mogelijke toetredingstijd aan te houden. Voor spoedpatiënten vervalt dit proces, deze patiënten worden per direct opgenomen binnen het radiologieproces. Zie hoofdstuk 7 voor meer informatie omtrent de specifieke wijze waarop onderzoeks aanvragen worden ingepland.

MRI Scan stappen:

1. Kort doornemen volgend onderzoek. *
2. Ophalen volgende klinisch-regulier of Semi-spoed patiënt uit de wachtkamer. In geval van spoed of poliklinisch zal de patiënt bij de onderzoekskamer worden afgeleverd. *
3. Oproepen van de patiënt uit de wachtkamer naar de kleedkamer, zodat de patiënt zich alvast kan gaan omkleden. Op elke MRI scanlocatie zijn twee kleedkamers aanwezig zodat in de ene kleedkamer de patiënt zich kan uitkleden voor het komende onderzoek en de huidige patiënt zich na het onderzoek kan gaan aankleden in de andere kleedkamer. *
4. Scanapparatuur instellen en aanpassen voor het desbetreffende onderzoek.
5. Kort vooronderzoek van de patiënt door middel van een veiligheidscheck en uitleg over het scanproces.
6. Patiënt wordt geïnstalleerd op de scanapparatuur.
7. De (meerdere) scanreeksen worden uitgevoerd, eventueel wordt contrastvloeistof toegevoegd.
 - a. Korte controle van de scans op fouten en onderzoekresultaten, bepaling volgende scanreeks.
 - b. Bij onduidelijkheid wordt in sommige gevallen een radioloog om advies gevraagd.
8. Patiënt wordt van de apparatuur afgehaald.
9. Patiënt wordt naar de omkleedkamer begeleid.
10. Scans worden bekeken, uitgewerkt, opgeschoond, opgeslagen en uiteindelijk uitgegeven voor verslaglegging.

Onderzoeksduren

Voor elk type onderzoek wordt via normen de verwachte onderzoeksduur bepaald. Een onderzoek verloopt enkel nooit zoals gepland en duurt daarom altijd langer of korter. Deze variabiliteit heeft verscheidende oorzaken:

- *Scanduur apparatuur*
De fysieke scanduur wordt grotendeels bepaald door de snelheid van de scanapparatuur en het aantal scans uit de scanreeks wat nodig is voor het onderzoek. Na het maken van de scans worden de scans direct vluchtig geanalyseerd door de laboranten zodat snel kan worden geconcludeerd en of er

eventueel nadere scans in meer detail van andere gebieden nodig zijn. In dit geval zal de scanduur langer worden omdat er meer scans nodig zijn.

- *Contrastvloeistof*
Sommige onderzoeken maken gebruik van een speciale scanmethode waarbij een reeks scans uit twee subreeksen bestaat. In de eerste subreeks wordt er normaal gescand, in de tweede subreeks krijgt de patiënt contrastvloeistof toegevoegd. Door naar de verschillen tussen de resultaten van de scans met en zonder contrastvloeistof te kijken wordt het uiteindelijke scanresultaat bepaald. Is het van tevoren bekend dat deze procedure nodig zal zijn dan zal hier bij de normtijden al rekening mee worden gehouden. Tijdens het onderzoek zelf kan ook blijken dat contrastvloeistof nodig is. In dit geval zal tijdens het onderzoek worden ingeschat of dit binnen het huidige onderzoek nog haalbaar is. In het geval dat dit niet zal lukken, dient een nieuwe afspraak gemaakt te worden.
- *Leeftijd patiënt*
Bij oudere patiënten zal het geven van instructies langer duren en duurt het langer voordat de patiënt goed in de scanapparatuur ligt. Dit geldt ook voor jonge kinderen en baby's. Voor baby's is er daarnaast nog extra omsteltijd nodig aangezien deze via een extra houder in de apparatuur moeten worden gelegd.
- *Angst*
Patiënten kunnen last krijgen van angst en hierdoor op de noodknop drukken zodat de scan stopt en zij eventueel uit het apparaat gehaald kunnen worden. De onderzoekstijd zal hierdoor toenemen. Soms wordt besloten om de scan op een ander moment te laten plaatsvinden als blijkt dat voortzetten een te lange uitloop zal veroorzaken. Door het geven van instructies en speciale probeeruren buiten openingstijden wordt geprobeerd om dit te voorkomen.
- *Omsteltijden*
Voor elk type onderzoek zal de patiënt op een andere manier in de apparatuur geplaatst moeten worden. Bij twee verschillende opeenvolgende onderzoeken zal er hierdoor sprake zijn van omsteltijden omdat de ligbank voor de patiënt anders zal moeten worden ingedeeld. Deze omsteltijden zijn afhankelijk van het type onderzoek. Om omsteltijden tot een minimum te beperken zijn gelijksoortige onderzoeken achterelkaar gepland. Bij de gebruikte normtijden is al rekening gehouden met de omsteltijden.
- *Beweging*
Tijdens een scan zal de patiënt totaal stil moeten liggen. Beweegt de patiënt dan zal de scan uiteindelijk mislukken. Ook hier geldt dat zal moeten worden besloten om de scan te herhalen. Herhaalde beweging heeft meestal te maken met angst, daarom wordt de patiënt veelal geadviseerd om een nieuwe afspraak te maken waarbij de patiënt rustig zal worden gehouden door middel van medicatie.

- *Artefacten*
Scans zijn zeer gevoelig voor (metalen) voorwerpen. Denk hierbij aan kustgebitten of infuusnaalden. Mocht een patiënt worden gescand met een dergelijk voorwerp dan zal een deel van de scan artefacten vertonen wat risico op een mislukte scan en daarmee uitloop vergroot.
- *Binnenkomst en uitloop patiënt*
Patiënten dienen zich voor het onderzoek eerst om te kleden. Na het eindigen van het onderzoek zal dit ook moeten plaatsvinden. Patiënten worden 10 minuten voor aanvang van het onderzoek binnengelaten in de kleedkamer zodat deze omgekleed zijn op het onderzoek aanvangstijdstip. Doordat er per onderzoekkamer twee kleedruimtes worden gebruikt is er altijd ruimte voor de patiënt die zich moet uitkleden en de patiënt die zich moet aankleden. Enkele seconden nadat een onderzoek afgerond is en de patiënt de onderzoekskamer heeft verlaten kan de volgende patiënt de onderzoekskamer betreden. De onderzoeksduur is hierdoor *niet* afhankelijk van de binnenkomst en uitloop van de patiënten.

Concluderend kan worden gesteld dat de totale onderzoeksduur voornamelijk afhangt van de scanduur van de apparatuur, gebruik van contrastvloeistof, de leeftijd van de patiënt, beweging van de patiënt en artefacten. Binnen de normtijden die worden aangehouden is al rekening gehouden met de scanduur van de apparatuur en het gebruik van contrastvloeistof. Voor jonge patiënten worden aparte tijdsloten (zogenaamde “sedatie tijdsloten”) gebruikt waarbij deze patiënten een middel krijgen om rustig te blijven zodat er op deze manier rekening met de langer onderzoeksduur van jonge patiënten wordt gehouden. Beweging van de patiënt en artefacten hebben grote invloed op de onderzoeksduur, echter doordat er door de laboranten wordt voorkomen dat een onderzoek langer dan 10 minuten zal uitlopen (er wordt een nieuwe afspraak gemaakt als blijkt dat het onderzoek door beweging of artefacten zal uitlopen) zal hierdoor de totale onderzoeksduur niet langer dan 10 minuten worden dan de gestelde norm.

4.3.4 Verslaglegging

Het ‘Verslaglegging’ deelproces omvat het nauwkeurig documenteren van de uitvoering en resultaten van het gedane onderzoek. Deze verslaglegging bestaat uit twee fasen. De eerste fase wordt door de specialist zelf uitgevoerd. De specialist voert de verslaglegging tijdens of enige tijd na het onderzoek uit. Deze specialist bekijkt de gemaakte scans en doet verslag van de resultaten van het onderzoek. Deze verslaglegging vindt deels plaats via een computergestuurde stemrecorder.

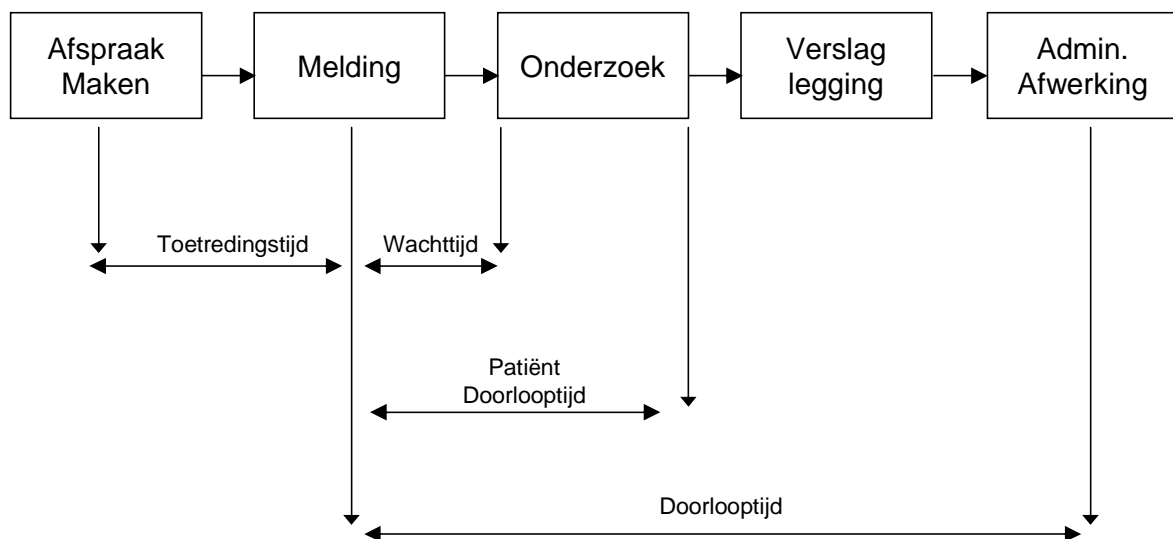
In de tweede fase van de verslaglegging worden de door de specialist ingesproken teksten en notities uitgewerkt tot digitale documentatie. Dit tweede deel van de verslaglegging vindt achteraf plaats op een speciale verslagleggingafdeling van radiologie. Alle onderzoeken komen automatisch digitaal bij deze afdeling binnen en worden via een prioriteitswachtrij afgehandeld zodat (semi)spoed onderzoeken voorrang krijgen boven overige onderzoeken. Zodra een onderzoek is uitgewerkt zal deze als elektronisch beschikbaar zijn, enkel nog wel als “voorlopig” resultaat.

4.3.5 Administratieve afwerking

Het proces 'Administratieve afwerking' is het laatste deelproces van het MRI proces. In dit proces vinden, nadat de complete documentatie van de verslaglegging is voltooid, de laatste formele administratieve afhandelingen plaats. Daarnaast zal het elektronische verslag wat in de eerdere Verslagleggingsfase is opgesteld de status definitief krijgen en beschikbaar worden gesteld aan de aanvrager van het onderzoek.

4.4 Tijdsbegrippen

Binnen radiologie worden enkele belangrijke tijdsbegrippen gebruikt. Deze tijdsbegrippen dienen voor het radiologie management als prestatie-indicatoren (zie 5.4). In figuur Figuur 4-4 zijn de drie tijdsbegrippen toetredingstijd, wachttijd en doorlooptijd schematisch gerelateerd aan de stappen van het MRI proces.



Figuur 4-4 Tijdsbegrippen

Toetredingstijd

Onder *toetredingstijd* wordt de tijd tussen het maken van de afspraak voor het onderzoek en de aanwezigheidsmelding nabij het moment van onderzoek verstaan. Onder de toetredingstijd kan bij bepaalde onderzoeken (onder andere bij reguliere onderzoeken) de wachttijd op de 'wachtlust' worden verstaan. De gemiddelde toetredingstijd is vooral voor de patiënten zelf van belang als goede indicatie voor de tijd dat zij moeten gaan wachten voor een onderzoek bij het betreffende ziekenhuis. Eventueel kunnen zij besluiten om zich te laten onderzoeken bij een andere ziekenhuishuis waar sprake is van een kleinere wachtlust, zodat de patiënt sneller onderzocht zal worden.

Wachttijd

De *wachttijd* betreft de tijd die door de patiënt in de wachtkamer, wachtend na aanmelding op het onderzoek, wordt doorgebracht. Concreet is dit dus de tijd vanaf de aanwezigheidsmelding tot de start van het onderzoek. Ook dit tijdsbegrip is voornamelijk van belang voor de patiëntensatisfactie.

Doorlooptijd

De *doorlooptijd* bevat de totale tijd die wordt besteedt aan de uitvoering en de gehele verwerking van het onderzoek. Dit is de tijd vanaf melding van de patiënt tot aan de tijd dat de onderzoeksresultaten zijn verwerkt en naar de betreffende personen en/of systemen zijn gecorrespondeerd. De doorlooptijd is zodoende de tijd dat de radiologieafdeling zelf aan het werk is met het onderzoek, en niet de complete tijd vanaf de aanvraag van het onderzoek tot en met het beschikbaar zijn van de resultaten. Deze laatste tijd wordt gevormd door de toetredingstijd plus de doorlooptijd.

Onderzoekstijd

Onder de *onderzoekstijd* wordt de totale onderzoekstijd van de patiënt verstaan. Deze totale onderzoekstijd is de tijd die nodig om het onderzoek uit te voeren op de scanapparatuur (onderzoeksduur) plus de extra benodigde tijd voor het doen van het onderzoek. Onder deze extra benodigde tijd valt bijvoorbeeld het aan en uitkleden van de patiënt.

Patiëntdoorlooptijd

De *patiëntdoorlooptijd* is de doorlooptijd die door de patiënt wordt ervaren. Dit is de tijd vanaf de aankomst op de radiologieafdeling totdat het onderzoek voor de patiënt is voltooid. De patiëntdoorlooptijd is daarom gedefinieerd als de wachttijd plus de onderzoekstijd. De toetredingstijd is hierbij dus niet meegenomen.

5 Planningslogistiek

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de planningslogistieke aspecten die spelen bij de MRI afdeling. Onder andere zullen hier de eigenschappen van verschillende verrichtingssoorten worden beschreven en prestatie-indicatoren worden gedefinieerd.

5.1 Inleiding

Een algemene omschrijving van logistiek is:

“Logistiek omvat de organisatie, planning, besturing en uitvoering van de goederenstroom vanaf de ontwikkeling en inkoop, via productie en distributie naar de eindafnemer met als doel om tegen lage kosten en kapitaalgebruik te voldoen aan de behoeften van de markt.”
[Visser, 1999]

De hedendaagse logistiek richt zich op “de organisatie, planning, besturing en uitvoering van de goederenstromen, geldstromen en informatiestromen via ontwikkeling en inkoop gevolgd door de productie en distributie met het benodigde personeel naar de eindafnemer, met als doel om tegen lage kosten en kapitaalgebruik te voldoen aan de behoeften van de markt.” [Wikipedia, 2006a] Door middel van logistiek zijn de juiste middelen op de juiste tijd op de juiste plaats. Logistiek in de zorg richt zich op het beheersen van de zorg- en behandelprocessen en de daarmee verbonden goederen- en informatiestromen op een manier dat tegen optimale kosten aan de wensen van de patiënten voldaan kan worden. [Vries, 2001] De productiebesturing in ziekenhuislogistiek kan, naar analogie met de productie besturing in de industrie gedefinieerd worden als: “het ontwerpen, plannen en beheersen van patiëntstromen en zorgactiviteiten binnen een zorgsysteem om een op de klant afgestemde leveringsflexibiliteit [...] en leveringsbetrouwbaarheid (wachttijd) te realiseren teneinde output/throughput te maximaliseren binnen en vastgesteld budget.” [Vissers, 2001]

Bij planningslogistiek, als onderdeel van de productiebesturing, wordt de focus gelegd op het gebruik van “planning” als instrument om gestelde doelen van het gehanteerde logistieke concept te bereiken. In de zorg wordt planningslogistiek veelvuldig toegepast op het plannen van de afspraken van patiënt voor hun behandeling of onderzoek. Bij de radiologieafdeling van JBZ wordt planningslogistiek toegepast bij het inplannen van de afspraken van patiënten voor onderzoeken op de radiologieafdeling.

5.2 Verrichtingssoorten

In tegenstelling tot de classificatie van onderzoeken op basis van patiëntgroepen en de daarmee bijbehorende eigenschappen, zoals in 4.1 beschreven is, is het ook mogelijk te kijken naar de eigenschappen van onderzoeken zelf. Deze specifieke kenmerken van de

onderzoeken kunnen worden gebruikt bij de planningslogistiek. Als twee onderzoeken dezelfde eigenschappen hebben wordt gesteld dat deze onderzoeken tot dezelfde verrichtingssoort behoren. Verrichtingssoorten zijn zodoende groepen onderzoeken die over identieke eigenschappen beschikken. Verschillende verrichtingssoorten die kunnen worden onderscheiden zullen in deze paragraaf tezamen met hun eigenschappen worden besproken.

Een methode om verrichtingssoorten op de radiologieafdeling te kunnen onderscheiden is door te kijken naar de onderliggende stuurparameters *beschikbaarheid* en *capaciteit* voor onderzoekcapaciteit toewijzing. Een stuurparameter is in dit verband de parameter waar de radiologieafdeling bij het toewijzen van radiologie onderzoekscapaciteit van afhankelijk is. Verrichtingen die dezelfde stuurparameter hebben en daarmee tot dezelfde verrichtingssoort behoren hebben over het algemeen ook dezelfde kenmerken. Een verrichting zal vaak maar tot een van de twee verrichtingsfuncties behoren, maar overlap is zeker niet uitgesloten [Geraedts, 2005].

5.2.1 Beschikbaarheidsverrichtingen

Bij beschikbaarheidsverrichtingen is de belangrijkste stuurparameter voor radiologie capaciteitstoewijzing de agenda van de patiënt zelf. De *beschikbaarheid* van de patiënt is in dit geval dus de 'stuurparameter'. In feite is er hier dus spraken van: '*patiënt vraagt, radiologie draait*'. Er wordt hierbij vanuit gegaan dat er voldoende onderzoekcapaciteit beschikbaar is, zodat beschikbare onderzoekscapaciteit geen bottleneck is. Radiologieplanning is in dit geval afhankelijk van de vraag naar verrichtingen vanuit de patiënten of doorverwijzingen. Krapte in beschikbare capaciteit voor de verrichting speelt bij dit type verrichtingen niet, of in mindere mate. De utilisatie (of load), gedefinieerd als het quotiënt van de gemiddelde onderzoeksduur en de gemiddelde tussenaankomsttijden van beschikbaarheidsverrichtingen, is bij dit type verrichtingen dan ook laag.

Kenmerken van een beschikbaarheidsverrichting zijn:

- *Ruime capaciteit*: voor de verrichting is een ruime onderzoekscapaciteit aanwezig, en er is geen spraken van een lange wachttijd.
- *Eenvoudig opschaalbaar*: de impact van de verrichtingen op de capaciteiten en overige randvoorwaarden van de verrichting zijn dermate laag dat het eenvoudig is om het aantal verrichtingen te vermeerderen.
- *Simpele randvoorwaarden*: de bij de verrichting behorende randvoorwaarden, zoals beschikbaarheid van bepaald personeel of beschikbaarheid onderzoekapparatuur, zijn relatief eenvoudig.
- *Voorspelbare verrichtingstijd*: de verrichting kan via een, eenvoudige, standaardprocedure worden uitgevoerd waarbij de deviatie van de totale verrichting of onderzoekstijd klein is.

5.2.2 Capaciteitsverrichtingen

Bij capaciteitsverrichtingen is de belangrijkste stuurparameter voor radiologie capaciteitstoewijzing de wachtlijst voor de betreffende verrichting. Doormiddel van de aanpassing van de wachtlijst kan de binnenkomende vraag naar de verrichting tot op zekere hoogte worden gereguleerd. Er kan budgettair worden afgesproken om meer of minder capaciteit voor de verrichting te reserveren. Door deze aanpassing in capaciteit kan indirect de wachtlijst worden vergroot of juist worden verkleind. Doormiddel van aanpassing van de *capaciteit* en hiermee dus aanpassing van de wachtlijst kan de vraag naar verrichtingen worden gestuurd. De *capaciteit* en de *wachtlijst* van de verrichting is in dit geval dus de 'stuurparameter'. In feite is er hier dus spraken van: '*radiologie vraagt, patiënt komt*'. Krapte in beschikbare capaciteit voor de verrichting speelt bij dit type verrichtingen in tegenstelling tot de beschikbaarheidsverrichtingen wel vaker een rol. De utilisatie (of load), gedefinieerd als het quotiënt van de gemiddelde onderzoeksduur en de gemiddelde tussenaankomsttijden van capaciteitsverrichtingen, is bij dit type verrichtingen dan ook hoog.

Kenmerken van een capaciteitsverrichting zijn:

- *Krapte capaciteitsmodel*: geen ruime capaciteit voor de verrichting doordat er strikte krappe budgettaire afspraken zijn gemaakt. Voor de verrichting is geen ruime onderzoekscapaciteit aanwezig, en er is spraken van een wachtlijst.
- *Latente vraag*: er is spraken van veel 'onzichtbare' vraag. De vraag naar bepaalde verrichtingen is moeilijk te voorspellen. Aanpassing van de wachtlijst voor een verrichting zal de vraag naar de verrichting beïnvloeden. Bij reductie van de wachtlijst zal er een aanzuigende werking te zien zijn.
- *Medische technische ontwikkelingen*: er zijn forse snel opvolgende medisch technische ontwikkelingen. Benodigde apparatuur veroudert snel en onderzoekstijden worden door deze ontwikkelingen zeer snel verkleind.
- *Planning belangrijk*: een juiste goed doordachte planning is van groot belang om de latente vraag in het krapte capaciteitsmodel te kunnen opvangen.

5.2.3 Push versus Pull

Het onderscheidt tussen beschikbaarheidsfunctie en capaciteitsfunctie verrichtingen komt in zekere mate overeen met het in de distributie planningslogistiek gebruikelijke onderscheidt tussen push en pull planning besturingssystemen [Goor, 1999]. In deze paragraaf zal deze overeenkomst worden verduidelijkt.

Pull

Kijken we vanuit deze productie planningslogistiek dan is een van de kenmerken van een pull besturingssysteem dat de productie (van bijvoorbeeld materialen) wordt geïnitieerd door de consument. Op het moment dat de consument een product afneemt wordt er

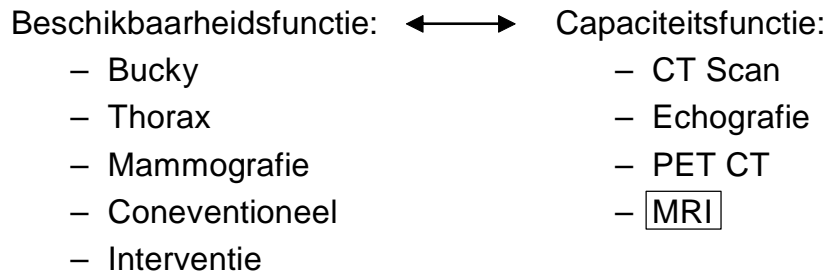
hiermee bij de productie rekening gehouden. De vraag van de consument is dus de stuurparameter bij het bepalen van de productie. Binnen de logistiek wordt dit de trekkende methode, of ook wel de pullmethode genoemd [Visser, 1999]. Deze methode komt overeen met beschikbaarheidsfunctie verrichtingen. De vraag van de patiënt is bepalend voor deze verrichting en is de stuurparameter, dit is hier als het ware de vraag van de consument.

Push

Een van de kenmerken van een push besturingsysteem in de productielogistiek is dat productie van materialen juist niet wordt geïnitieerd door de klant, maar dat de producent zelf invloed uitoefent op de mate waarmee wordt geproduceerd. Voor de producent is het mogelijk om zelf de capaciteit van productie te sturen. Binnen de logistiek wordt deze methode de pushmethode genoemd omdat de producten de producten als het ware zelf de productieketen in drukt. Deze methode komt overeen met de capaciteitsverrichtingen. Doormiddel van de wachtlijst kan radiologie namelijk zelf de vraag, en dus de hiervoor benodigde capaciteit, sturen.

5.2.4 Conclusie

Zoals in voorgaande paragrafen is besproken kunnen verrichtingen worden onderscheiden in beschikbaarheidsfunctie en capaciteitsfunctie verrichtingen door te kijken naar de onderliggende stuurparameters beschikbaarheid en capaciteit. De eigenschappen van deze verrichtingen kan worden gebruikt bij het inplannen van onderzoeken. In onderstaand schema zijn de belangrijkste verrichtingen van de radiologieafdeling gegroepeerd op bijbehorende stuurparameter.



Figuur 5-1 Verrichtingen

Dit onderzoek focust op MRI verrichtingen. Deze keuze is in samenwerking met het JBZ gemaakt omdat, zoals uit bovenstaande blijkt, MRI behoort tot de onderzoeken waarbij capaciteit de sturingsfunctie is. Hierdoor is vooral bij MRI het juist inplannen van onderzoeken op de beschikbare capaciteit van belang.

5.3 Sturing ‘aan de poort’

Het werken met een vaste productiecycclus (een openingsplanning van MRI) is een beslissing die bij de besturing van de productie genomen kan worden om hiermee de

afstemming tussen productie (het aantal MRI onderzoeken) en capaciteiten te regelen. [Visser, 2001] Zoals uit de voorgaande paragraaf blijkt is het bij capaciteitsverrichtingen mogelijk om tot op zekere hoogte zelf de vraag naar verrichtingen te sturen. Deze sturing kan als instrument voor de gebruikte planningslogistiek worden gebruikt. Een methode om deze sturing in de praktijk toe te passen is het zogenaamde 'sturen aan de poort'. Sturing van patiëntenstromen of verrichtingen, oftewel zorgsturing, houdt in dat het ziekenhuis invloed uitoefent op de binnenkomende patiënten en daarmee dus ook op de zorg die wordt geleverd. [Plexus, 2002] Zie voor meer informatie ook 5.5.3. Radiologie kan nu door te sturen bij binnenkomst van de aanvragen invloed uitoefenen op de zorg die wordt geleverd in relatie tot de beschikbare capaciteit die voor deze zorg is vastgesteld. Bij deze sturing wordt de focus op stromen patiënten (of bijbehorende onderzoeken) gelegd in plaats van op individuele patiënten. Sturing aan de poort kan worden gerealiseerd door onderzoeken te groeperen in drie gradaties van toetredingstijd. [Geraedts, 2005] Voor elk van deze drie groepen wordt onderzoekscapaciteit toegewezen en daarmee, mede afhankelijk van de latente vraag, ook de grootte van de wachtlijst bepaald. De drie gradaties in toetredingstijd zijn: spoed, voorrang en regulier.

Aan sturing aan de poort doormiddel van het groeperen van onderzoeken in gradaties van toetredingstijd kleven ook enkele nadelen:

- *Groei voorrang groep:* doordat de voorrang groep voorrang op de overige groepen heeft en daarmee dus geen of een zeer kleine wachtlijst heeft zal er automatisch een aanwas van extra aanvragen voor deze voorrang groep ontstaan. Het is immers zeer gunstig om tot deze groep tot deze groep te behoren. Patiënten en verwijzend artsen zullen hierdoor zoveel mogelijk proberen om een onderzoek als voorrang onderzoek te laten plaatsvinden. Daarnaast zal deze groep ook groeien door het groot aantal opkomende procesverbetering stuurgroepen, zoals bijvoorbeeld vaatlijden of sneller beter projecten. Een procesverbetering voor een bepaalde onderzoeksgroep zal proberen om het gehele onderzoeksproces van een bepaald type onderzoek of groep onderzoeken te optimaliseren. Een veel voorkomende oplossing bij deze procesverbeteringen is het zorgen voor een voorrangstatus voor dat type onderzoek.
- *Groei communicatie:* doordat onderzoeken in drie groepen moeten worden gegroepeerd en de ene groep voorrang heeft op de andere zal er continu overleg moeten plaatsvinden om de juiste onderzoeken op de juiste momenten te laten plaatsvinden. Daarnaast zal moeten worden gevalideerd of de juiste onderzoeken in de juiste categorie vallen.
- *Groei procedurele afspraken:* procedureel zal goed moeten worden afgesproken welke onderzoeken in welke categorie vallen, wat uitzonderingen op de regels zijn, en hoe er moet worden omgegaan met tussenkomende spoed onderzoeken, hoe de allocatie van scancapaciteit zal worden bepaald en dergelijke.

5.4 Prestatie-indicatoren

Door het management van radiologie worden verschillende gegevens bijgehouden zodat de prestaties van de radiologieafdeling objectief kunnen worden gekwantificeerd. Deze gegevens worden prestatie-indicatoren genoemd. Prestatie-indicatoren zijn meetbare aspecten die een aanwijzing geven over bijvoorbeeld de kwaliteit, de veiligheid, de doelmatigheid en toegankelijkheid van de zorg.“ [Insp. gezondheidszorg, 2005] Logistieke prestatie-indicatoren zijn derhalve de graadmeter voor de kwaliteit van het door een onderneming gehanteerde logistieke concept. [Goor, 1999] Door deze kwantificering worden de effecten van een gehanteerde planninglogistiek meetbaar. In deze paragraaf zal er onderscheidt worden gemaakt tussen verschillende soorten prestatie-indicatoren, en zullen tot slot de belangrijkste radiologie prestatie-indicatoren worden genoemd.

5.4.1 Interne en externe monitoring

Het actief bijhouden van deze prestatie-indicatoren wordt “monitoring” genoemd. Bij radiologie zijn er twee soorten monitoring te onderscheiden: *interne monitoring* en *externe monitoring*. Interne radiologie monitoring heeft tot doel om door middel van enkele prestatie-indicatoren intern op radiologie clusterniveau de prestaties van radiologie te meten. Denk hierbij aan bijvoorbeeld de gemiddelde wachttijden die nodig zijn vanaf een afspraak tot de daadwerkelijke uitvoering van een MRI scan. Externe monitoring daarentegen bekijkt de radiologie cluster als geheel en ziet daardoor radiologie als een van de onderdelen van het ziekenhuis. Bij externe monitoring zijn vooral de prestatie-indicatoren die interessant zijn voor het ziekenhuis management van belang. Voorbeelden van prestatie-indicatoren hierbij zijn personeelskosten, arbeidskwaliteit, haalbaarheid productieplannen en budgettaire overschrijdingen. In dit onderzoek zijn we geïnteresseerd in de belangrijkste prestatie-indicatoren van interne radiologie monitoring.

5.4.2 Patiënt en beheersperspectief

Prestatie-indicatoren kunnen worden bekeken vanuit een bepaald oogpunt. Kijken we bijvoorbeeld naar de prestatie-indicator wachttijd dan is deze prestatie-indicator vooral van belang voor de patiënt zelf. De patiënt wilt natuurlijk niet al te lang wachten. Het totaal aantal aanvragen voor onderzoeken op de MRI afdeling daarentegen is vooral van belang voor het management van de radiologieafdeling. De prestatie-indicatoren kunnen daarom worden onderverdeeld in twee categorieën waarbij er wordt gekeken naar het perspectief van de prestatie-indicator. De twee perspectieven die normaliter worden gebruikt zijn het *patiënt* en *aanvragerperspectief*. Bij de meeste prestatie-indicatoren is het duidelijk onder welk perspectief zij vallen. Er zijn ook prestatie-indicatoren waarbij dit onderscheidt niet duidelijk is te maken, en de indicator zodoende tot beide perspectieven kan behoren.

5.4.3 Radiologie prestatie-indicatoren

In deze deelparagraaf zullen de belangrijkste radiologie prestatie-indicatoren worden genoemd. De prestatie-indicatoren worden gegroepeerd op patiënt en beheersperspectief. De betekenissen van de indicatoren zijn al eerder in dit document besproken.

Patiëntperspectief:

- Toetredingstijd
- Wachtijd
- Patiëntdoorlooptijd
- Doorlooptijd
- Onderzoekstijd

Beheerperspectief:

- Doorlooptijd
- Onderzoekstijd
- Aantal No-shows (aantal patiënten dat niet komt opdagen)
- Aantal patiënten te laat (aantal patiënten dat te laat arriveert voor het onderzoek)
- Scan bezettingspercentage (bezetting van de scanapparatuur)
- Aantal onderzoeksaanvragen
- Aantal verwerkte onderzoeken

5.4.4 Overschrijdingen

Om de servicekwaliteit (het servicelevel) van de radiologieafdeling beter te kunnen kwantificeren wordt er bij een aantal prestatie-indicatoren gekeken naar het percentage overschrijdingen van een vooraf gestelde drempel. Op deze manier kan het verloop van de indicatoren over een aantal perioden beter worden gevolgd. Enkele belangrijke overschrijdingpercentages zijn:

- *Toetredingstijdoverschrijding*: percentage patiënten dat een toetredingstijd heeft van meer dan T dagen.
- *Wachttijdoverschrijding*: percentage patiënten dat een langere wachttijd heeft dan W minuten.

5.5 Overige planningslogistieke aspecten

In deze paragraaf zullen enkele losstaande aspecten waar bij planningslogistiek rekening mee moet worden gehouden worden besproken.

5.5.1 Jaarlijkse groei

Een bekend fenomeen bij radiologie afdelingen is de jaarlijkse groei van aanvragen voor radiologieonderzoek. Volgens JBZ blijkt dat er gemiddeld sprake is van een jaarlijkse groei van 3% in aanvragen bij radiologieafdelingen. Deze jaarlijkse groei kan ervoor zorgen dat bij gelijkblijvende capaciteit van een radiologieafdeling er een capaciteitstekort gaat ontstaan. Bij de planningslogistiek dient daarom met deze groei rekening te worden gehouden.

5.5.2 No-show

Een probleem bij het maken van afspraken met patiënten is het probleem van de niet verschijnende patiënten: no-shows. No-show patiënten komen niet volgens afspraak naar hun onderzoek. Door no-shows ontstaat er een lege periode in de planning op het tijdstip waarop de patiënt gepland was. Patiënten kunnen niet verschijnen door zeer veel uiteenlopende redenen, denk hierbij onder andere aan: ziekte patiënt, overlijden van de patiënt of de afspraak is simpelweg vergeten. Hierbij moet worden opgemerkt dat bij het JBZ het no-show effect minder zal gaan voorkomen aangezien er gestart is met terugkoppeling van de afspraak (enige dagen voor de afspraak) zodat het aantal no-shows aanzienlijk verlaagd wordt. In 7.2 wordt beschreven hoe er wordt omgegaan met no-shows bij de MRI planning.

In de periode januari 2005 tot en met augustus 2005 zijn er bij de klinische onderzoeken bij de betreffende MRI afdeling van JBZ geen no-shows opgetreden, bij de poliklinische onderzoeken 27, dit is ongeveer 0,3% van alle onderzoeken in die periode.

5.5.3 Shop-effect

Zorginstellingen hebben vaak te maken met het 'shop-effect' fenomeen; ook bekend als de 'aanzuigende werking'. Door de wachtlijsten voor onderzoeken, en ook voor MRI onderzoeken, bij ziekenhuizen gaan patiënten zich bij meerdere ziekenhuizen inschrijven voor hun onderzoek, zodat zij op meerdere afspraken voor hetzelfde onderzoek hebben en op meerdere wachtlijsten van een aantal ziekenhuizen staan. Patiënten doen dit met de hoop dat zij eerder geholpen kunnen gaan worden door bij het ziekenhuis waar de snelste afspraak te maken valt langs te gaan. Alle afspraken bij de overige ziekenhuizen van zo'n patiënt zullen in dat geval komen te vervallen, of zullen als de patiënt deze afspraken niet afzegt leiden tot no-shows. Sinds begin 2005 neemt het aantal shopeffectpatiënten wat op meerdere wachtlijsten of meerdere afspraken heeft sterk af, omdat hierop wordt gecontroleerd en de patiënten hiervoor worden beboet. De term aanzuigende werking komt voort uit de volgende redenatie. Als de toetredingstijd voor een bepaald type onderzoek afneemt zal het aantal aanvragen voor het onderzoek toenemen. De toetredingstijd is immers lager geworden, en zodoende zal een groter percentage patiënten voor een behandeling bij het ziekenhuis met de lagere toetredingstijd kiezen dan voor de overige ziekenhuizen. De patiënten worden door de lagere toetredingstijd als het ware aangezogen naar het ziekenhuis om daar hun onderzoek te laten houden. Het ziekenhuis kan deze aanzuigende werking gebruiken door te 'sturen aan de poort' (zie 5.3).

6 Interventies

In dit hoofdstuk worden de meest voorkomende interventie besproken die worden toegepast om te komen tot procesoptimalisatie bij radiologie, volgens het doel: *Onderzoek welke huidige stappen er genomen zijn om het MRI proces te verbeteren.* Tot slot zal er worden geïnventariseerd welke interventies er daarnaast door JBZ bij MRI in de praktijk worden toegepast.

6.1 Optimalisering in theorie

In deze paragraaf zullen de belangrijkste interventies die tot optimalisatie van een MRI proces leiden één voor één worden besproken. De onderstaande interventies zijn de minimale stappen die ondernomen dienen te worden om te kunnen komen tot optimalisatie van het MRI proces [Geraedts, 2005].

6.1.1 Sturing aan de poort

Als het mogelijk is om de vraag naar een dienst te sturen dan kan er worden gezorgd dat deze vraag overeenstemt met het aanbod van de dienst. Concreet betekent dit bij radiologie dat door sturen aan de poort het mogelijk is om de binnenkomende aanvragen voor onderzoeken te sturen en hiermee deze aanvragen te kunnen reguleren overeenkomende met de geplande beschikbare onderzoekscapaciteit. Zie 5.3 voor meer informatie omtrent sturing aan de poort.

6.1.2 Verstoringen elimineren

Door onregelmatigheden kan de procesgang worden verstoord. Verstoringen dienen daarom te worden geëlimineerd. Door verstoringen kunnen onnodige vertragingen van het onderzoeksproces ontstaan. Het is zeer goed mogelijk dat een zeer kleine, eenvoudig oplosbare, onregelmatigheid juist een zeer grote vertraging van het proces kan veroorzaken. Bij deze interventie kan daarom oprecht worden gesteld 'dat de kleine dingen het zijn die het hem doen'. Een goed voorbeeld van zo'n onregelmatigheid is onduidelijkheid over een invulvakje op een onderzoek aanvraagformulier. Er zal moeten worden gevalideerd bij de aanvrager wat de specifieke bedoeling is. Door een verkeerd geïnterpreteerd invulvakje ontstaat direct vertraging en extra overbodige communicatie waardoor de procesgang wordt verstoord. Daarnaast moet er ook worden gedacht aan puur technische onregelmatigheden zoals oplossen van problemen in de radiologie scanapparatuur. Om verstoringen te elimineren moet er kritisch worden gekeken op welke manieren en via welke communicatiestromen de deelnemers deelnemen aan het proces. Bij radiologie gekeken naar de volgende deelnemers: patiënten, aanvragers, radiologiemedewerkers en specialisten.

6.1.3 Active Monitoring

Active Monitoring is een trend die binnen de zorg betrekkelijk nieuw is, maar in andere sectoren al vanzelfsprekend is geworden. Doormiddel van het actief monitoren van zoveel mogelijk belangrijke prestatie-indicatoren van de radiologieafdeling ontstaat er een goed beeld van de huidige prestaties van de afdeling en kunnen interventies naar aanleiding van deze resultaten direct (actief) worden teruggekoppeld. Om doeltreffend te kunnen anticiperen op veranderingen is het van belang dat de gemonitorde informatie zo recent mogelijk is. Daarom wordt ook wel gesproken van 'realtime monitoring'.

Cockpit benadering

Vaak zijn er enkele prestatie-indicatoren die de meeste impact hebben op de te nemen interventies. Meestal gaat het hierbij om de overschrijdings prestatie-indicatoren. Het is gebruikelijk om daarom deze belangrijke prestatie-indicatoren apart te benoemen en gezamenlijk overzichtelijk te presenteren in een zogenoemde 'cockpit' (naar analogie met alle meters in een vliegtuigcockpit). Een cockpit zou bijvoorbeeld kunnen bestaan uit een Excelsheet met overzichtelijk de prestatie-indicatoren weergegeven. Als de afdeling grotendeels zal worden gestuurd met behulp van de informatie uit deze cockpit dan is er sprake van een 'cockpit benadering'.

Bij sturing doormiddel van een cockpit benadering dient er extra zorg te worden gedragen voor:

- de keuze van de juiste gebruikte prestatie-indicatoren waarmee de cockpit wordt samengesteld
- juiste en constante meting van deze indicatoren
- recente (realtime) informatie

Worden de bovenstaande punten niet in acht genomen dan zal de cockpit geen juiste informatie verschaffen over de huidige staat van de afdeling en kunnen er beslissingen worden genomen op basis van onjuiste informatie.

6.1.4 Interne Procesgang Optimalisatie

Bij optimalisatie van de 'interne procesgang' wordt het MRI proces herbekeken en geoptimaliseerd. Dit wordt bereikt doormiddel van drie middelen van optimalisatie: procesherontwerp (procesoptimalisatie), technische optimalisatie en planningsoptimalisatie [Keuning, 2000].

Procesherontwerp

Bij procesherontwerp is er sprake zijn van herontwerp van het productieproces rekeninghoudend met de opgedane ervaringen vanuit het huidige proces. Bij radiologie komt dit neer op het kritisch bekijken van het gehele scanproces, vanaf de aanvraag, het

7 MRI planning

In dit hoofdstuk zal de huidige manier om MRI onderzoeken met bijbehorende patiënten in te plannen op de apparatuur die bij JBZ wordt gebruikt worden besproken. In de eerste paragraaf zullen de verschillende planningsoorten worden behandeld. In de tweede paragraaf zal de planningsmethode nader worden toegelicht. De planningsmethode leidt tot verschillende methodes voor de beheersing van wachtlijstmanagement, prioriteitsregels en regels voor capaciteitstoewijzing voor de verschillende patiëntgroepen. [Vissers, 2001] Vervolgens zal de planbewaking worden besproken. Toslot zal er een conclusie volgen omtrent de ervaringen die zijn opgedaan met de huidige planningsmethode.

7.1 Planningsoorten

In het planningsproces van de MRI afdeling zijn verschillende planfasen te onderscheiden. Deze fasen onderscheiden zich in de mate van detail van de planning en de planningshorizon. Bij elke planfase behoort een ander soort planning. Er zijn drie verschillende planningen: MRI openingsplanning, weekplanning en de dagplanning. Deze drie planningssoorten zullen in deze paragraaf worden besproken.

7.1.1 MRI Openingsplanning

De 'openingsplanning' van de MRI afdeling is een wekelijks (bijna-)cyclisch rooster met daarin de openingsmomenten van de MRI afdeling wat voor een groot aantal maanden in de toekomst is opgesteld. Deze planning is bijna-cyclisch, aangezien voor meerdere weken achterelkaar deze planning gelijk en dus cyclisch is. In de planning is gespecificeerd op welke momenten de verschillende onderzoekkamers van de MRI afdeling open zijn. Daarnaast is er ook voor elke dag via grote tijdsblokken (met start en eindtijden) gespecificeerd voor welk instroomtype deze tijden beschikbaar zijn. In deze planning is rekening gehouden met de openingstijden van de verschillende radiologie onderzoekskamers, het bijbehorende aanwezige gekwalificeerd personeel en eventuele pauzes. De tot nu toe beschreven openingsplanning wordt een 'ruwe' openingsplanning genoemd. Het beschrijft als het ware de geplande MRI onderzoekscapaciteit voor de toekomst; De ruwe openingsplanning is een capaciteitsplanning.

Gebruikmakend van bovenstaande ruwe openingsplanning wordt er een ingevulde openingsplanning gemaakt met als extra toevoeging de toewijzing van tijdsloten binnen de tijdsblokken voor verschillende patiëntgroepen. Een tijdslot is een moment met een vastgestelde duur met een vastgesteld begin en eindtijdstip in de planning. Een timeslot kan bestaan uit een groter inplanbare periode voor meerder onderzoeken of een kleine periode specifiek bedoeld voor één onderzoek. De ingevulde openingsplanning dient als basisplanning voor het inplannen van onderzoeken door de planners van de MRI afdeling van patiënten op de verschillende momenten en onderzoekkamers.

De openingsplanning wordt aangepast als dit door de gehanteerde planningslogistiek noodzakelijk is. De MRI onderzoekscapaciteit wordt hiermee aangepast. Dit zal bijvoorbeeld gebeuren als er meer wordt gestuurd op een bepaalde patiëntgroep zodat er voor deze groep meer capaciteit in de planning zal worden gereserveerd. Daarnaast is er in de zomerperiode meestal minder capaciteit nodig, aangezien enerzijds minder patiënten een afspraak willen maken, en anderzijds er minder vereist personeel aanwezig is. Er zal in dit geval minder capaciteit beschikbaar worden gemaakt in de openingsplanning.

Open tijdslot

Een open tijdslot betreft een relatief groot tijdslot waarin meerdere individuele onderzoeken ingepland kunnen worden. Het slot heeft een vast begin en eindtijdstip. De precieze onderzoek afspraaktijden voor de individuele onderzoeken zijn hierbij niet van tevoren gedefinieerd. Deze tijden dienen in een later stadium alsnog ingevuld te worden. Er kan worden gespecificeerd welke patiëntgroepen in het open tijdslot gepland mogen worden. In de meeste gevallen zal het zelfde of verwante onderzoeken betreffen.

Gesloten tijdslot

Een gesloten (of vast) tijdslot is een kleiner tijdslot dat gebruikt kan worden voor één onderzoek. De afspraaktijden van deze timesloten staan hierdoor, in tegenstelling tot de onderzoeken binnen een open timeslot, wel van tevoren vast. Mocht een onderzoek bestaan uit meerdere verschillende onderzoeken of heeft een patiënt een combinatie van onderzoeken nodig, dan is het mogelijk om voor zo'n onderzoek meerdere, opeenvolgende, gesloten timesloten te gebruiken. Ook voor gesloten timesloten geldt dat er een restrictie kan worden gespecificeerd welke patiëntgroepen er mogen worden ingepland op het tijdslot. Om omsteltijden zoveel mogelijk te voorkomen worden gelijke of gelijksoortige onderzoeken achterelkaar gepland.

Open Slots

- Groot in te plannen blok
- Meerdere onderzoeken plannen
- Vast begin en eind blok
- Variabele tijden van onderzoeken
- Alle onderzoeken in te plannen

Gesloten Slots

- Klein in te plannen blok
- 1 onderzoek in te plannen
- Enkel gespecificeerde onderzoeken
- Vast type patiënten

Figuur 7-1 Verschil Open en Gesloten Slots

voorbereidingstijden en omsteltijden per onderzoekskamer kunnen verschillen. Dit komt voornamelijk door de specifieke mogelijkheden of beperkingen van de gebruikte apparatuur in elke onderzoekskamer. Door middel van de normentabel is het voor een planner mogelijk om een goede indicatie voor de benodigde tijd te kunnen verkrijgen voor een in te plannen onderzoek. De normtabellen zijn bij JBZ op ervaring gebaseerd en zijn dus subjectieve schattingen.

7.1.2 Weekplanning

Op basis van de ingevulde openingsplanning worden elke week weekplanningen opgesteld. In deze weekplanning staan voor de opvolgende week alle onderzoeken ingepland. Deze weekplanning wordt doorgenomen door de radiologieplanners om eventuele problemen met de planning voor de komende week te kunnen herkennen en deze zonodig nog te kunnen oplossen.

7.1.3 Dagplanning

Elke dag wordt er aan het begin van de dag een planning gemaakt voor de huidige dag: de 'dagplanning'. Deze dagplanning bevat een werkdag uit met de overeenkomende dag uit de weekplanning. De dagplanning dient als overzicht voor de komende dag en biedt ruimte om op het laatste moment nog te kunnen herplannen, rekeninghoudend met de laatste planningsgegevens zoals eventuele spoed patiënten.

7.2 Planningsmethode

In deze paragraaf wordt de door JBZ gehanteerde planningsmethode voor MRI aanvragen besproken.

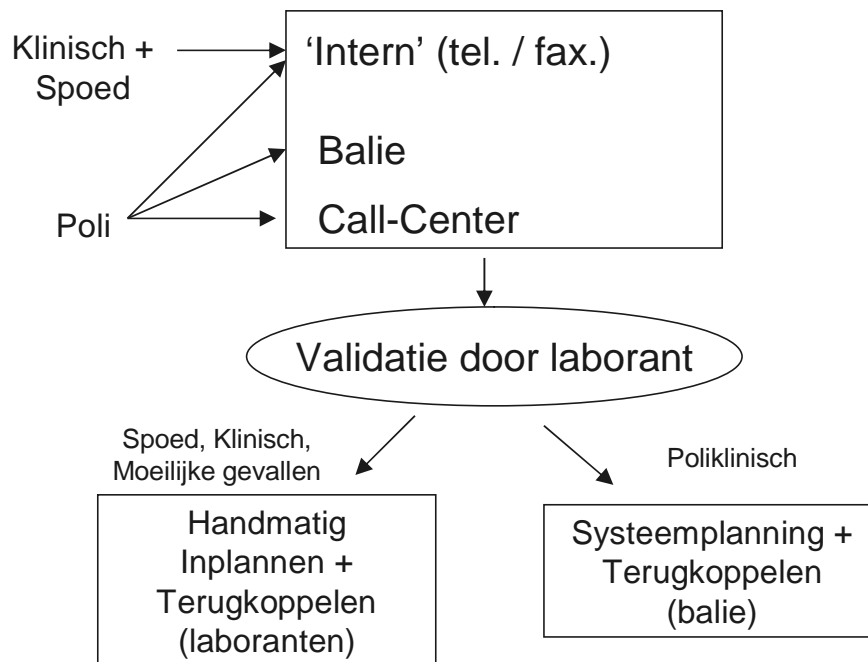
7.2.1 Binnenkomst aanvragen

Aanvragen kunnen op de radiologieafdeling binnenkomen via de balie of het call-center van de radiologieafdeling. Daarnaast is er nog een derde methode, namelijk een interne (vanuit een andere afdeling van het ziekenhuis) aanvraag via telefoon of fax. Deze laatste binnenkomst wordt ook door de baliedienst verwerkt. Klinische en spoed aanvragen worden intern per telefoon of fax afgehandeld. Poliklinische aanvragen worden normaliteit via de balie of het call-center gedaan, zodat de patiënt zelf een afspraak kan maken. Een fax van een verwijzend arts is hierbij ook mogelijk. Alle niet-standaard en eerste aanvragen voor onderzoeken worden door de radiologielaboranten gevalideerd op juistheid. Op deze manier worden veel verkeerde aanvragen voorkomen. De planning van de afspraken met de patiënten vindt plaats op basis van het First-Come-First-Serve (FCFS) principe. Na het plannen van het onderzoek zal de balie bij poliklinische patiënten de gemaakte afspraak terugkoppelen aan de patiënt. Bij Semi-spoed, spoed, klinische zullen de laboranten de afspraak terugkoppelen aan de verwijzend arts.

Afspraaktijden

Bij het maken van een afspraak voor een onderzoek worden twee tijden gebruikt: afspraaktijd en onderzoekstarttijd. De onderzoek starttijd is het echte tijdstip waarop het onderzoek gepland is in de MRI planning, en het onderzoek dient te beginnen. Met de patiënt wordt niettemin een ander tijdstip voor het onderzoek afgesproken, de afspraaktijd. De afspraaktijd is het moment waarop de patiënt zich bij de radiologiebalie dient te melden. De afspraaktijd ligt 20 minuten voor de onderzoekstarttijd. Door de vervoegde afspraaktijd ten opzichte van de onderzoekstarttijd wordt het aantal patiënten wat te laat arriveert voor het onderzoek verlaagd.

Aanvragen binnenkomst:



Figuur 7-3 MRI Planning Aanvragen

7.2.2 Poliklinisch Regulier

De reguliere en Semi-spoed onderzoeken worden ingepland door de baliemedewerkers met behulp van een automatisch planningssysteem: systeemplanning. Dit planningssysteem zoekt het eerst mogelijke beschikbare tijdstip wat aan alle specifieke eisen van het in te plannen onderzoek voldoet. Daarna wordt deze mogelijkheid als een voorstel aangeboden naar de planner toe. De planner dient zelf rekening te houden met de voorkeuren van de patiënt en de verwijzend arts. Een voorkeur van de verwijzend arts kan bijvoorbeeld zijn dat het onderzoek een controle onderzoek is wat pas over enkele maanden hoeft te worden ingepland. Normaliter worden poliklinisch reguliere onderzoeken in vaste tijdsloten gepland. Mocht het voorkomen dat het onderzoeken in een open tijdslot worden ingepland, dan plant het computersysteem de onderzoeken in op basis van een nauwkeurigheid van 5 minuten. Is de patiënt verhinderd op het voorgestelde moment, dan zal het planningssysteem een mogelijkheid op een andere tijd of dag tonen.

7.2.3 Klinisch Regulier

Klinisch reguliere onderzoeken worden door de laboranten normaliter handmatig in de middag in een open slot gepland op het eerst mogelijke moment. Deze planning gebeurt dus niet automatisch. Meestal kan het onderzoek wegens beschikbare ruimte nog op dezelfde dag of in de komende dagen worden gepland. De laboranten houden zelf rekening met het zoveel mogelijk groeperen van dezelfde typen onderzoeken, zodat omsteltijden zoveel mogelijk kunnen worden vermeden. Direct na het inplannen vindt terugkoppeling plaats met de verwijzend arts van de cluster in het ziekenhuis die de aanvraag heeft gedaan.

7.2.4 Spoed

Spoed onderzoeken worden ingepland op de speciaal daarvoor ingeplande spoed open tijdsloten. Elke dag is er een speciaal spoedtijdslot aan het eind van de dag. In de meeste gevallen is dit een gecombineerd open tijdslot samen met de klinische onderzoeken. Is het spoedtijdslot al bezet door een ander onderzoek dan zal het geplande onderzoek worden verplaatst naar een ander moment. Een normaal spoed onderzoek wat buiten de gereserveerde spoed tijdsloten wordt aangevraagd zal moeten wachten tot het eerstvolgende beschikbare spoed tijdslot, wat meestal aan het eind van de volgende dag is en zal dan een dag moeten wachten. (Zogenaamde extreme spoed heeft per direct voorrang op alle overige onderzoeken en zal daardoor ook per direct kunnen worden uitgevoerd waarbij de gehele planning doorschuift, of het huidige onderzoek wordt geannuleerd.)

7.2.5 Semi-spoed

Bij Semi-spoed onderzoeken wordt er eerst geprobeerd om deze als reguliere onderzoeken in te plannen. Klinische Semi-spoed patiënten zullen via systeemplanning op dezelfde wijze als klinische reguliere onderzoeken worden ingepland. Als het eerst mogelijke moment te ver weg is, dan wordt de patiënt als poliklinische Semi-spoed patiënt ingepland. Poliklinische patiënten worden handmatig ingepland op de eerst mogelijk beschikbare tijd in de (open) tijdsloten bestemd voor reguliere poliklinische patiënten. In het geval dat het eerst mogelijke moment te lang zal duren, dan wordt er daarnaast geprobeerd om de patiënt handmatig in te plannen op een vrije plek voor reguliere klinisch patiënten.

7.3 Planbewaking

De laboranten van de MRI afdeling houden de dagplanning continu in de gaten. Er is daardoor sprake van een continue 'planbewaking' van de dagplanning, zodat de dagplanning zo goed mogelijk wordt ingepland.

Planbewaking bestaat uit de volgende zes punten:

1. De dagplanning wordt elke ochtend doorgenomen. Zijn er niet opgevulde tijdsloten in deze dagplanning, dan wordt er geprobeerd om deze tijdsloten op te vullen door

8 Planning Simulatie

In dit hoofdstuk zal een *methode worden ontwikkeld om (lange termijn) effecten van een capaciteitsplanning, gegeven de benodigde inputparameters, te kwantificeren*. Er zal een mathematisch model worden geformuleerd en worden geïmplementeerd. In dit hoofdstuk zullen de onderdelen van dit model een voor een behandeld worden.

8.1 Planning Tool

Zoals in 6.2 beschreven, is de laatste interventie die de JBZ radiologie afdeling nog wilt onderzoeken een eventuele verbetering van de openingsplanning van MRI. Een programma om de (lange termijn) effecten van een MRI openingsplanning, rekening houdend met verschillende invoerparameters, te kunnen doorrekenen is daarvoor gewenst. Op basis van de resultaten van zo'n programma kan de radiologie afdeling een beter beeld krijgen van de effecten op vooraf gestelde prestatie-indicatoren die door veranderingen in de MRI openingsplanning ontstaan. Daarnaast zal het programma ook de mogelijk bieden om de effecten van veranderd patiëntengedrag op prestatie-indicatoren te tonen. Om de effecten op zowel de korte als lange termijn te kunnen evalueren zullen de resultaten van het programma voor een gegeven aantal maanden in de toekomst gegeven moeten worden.

8.1.1 In en Uitvoer

Programma Uitvoer

Om effecten van een openingsplanning te kunnen kwantificeren zijn er prestatie-indicatoren gedefinieerd die het simulatie programma als uitvoer dient te geven. De *verwachting* van de volgende prestatie-indicatoren dient het programma als resultaat, per maand in de toekomst, te geven:

- Per patiëntgroep:
 - Toetredingstijd
 - Toetredingstijd overschrijding (%)
 - Wachtijd
 - Wachtijd overschrijding (%)
 - Aantal onderzoeksaanvragen
 - Aantal verwerkte onderzoeken

- Per scankamer:
 - Bezetting (%)

Van alle bovenstaande prestatie-indicatoren is daarnaast ook een *betrouwbaarheidsinterval* van belang zodat, naar de verwachte waarde, ook indicatie van de betrouwbaarheid van de geschatte verwachting gegeven kan worden.

Programma Invoer

Het programma dient bij het genereren van de prestatie-indicatoren rekening te houden met de volgende invoervariabelen:

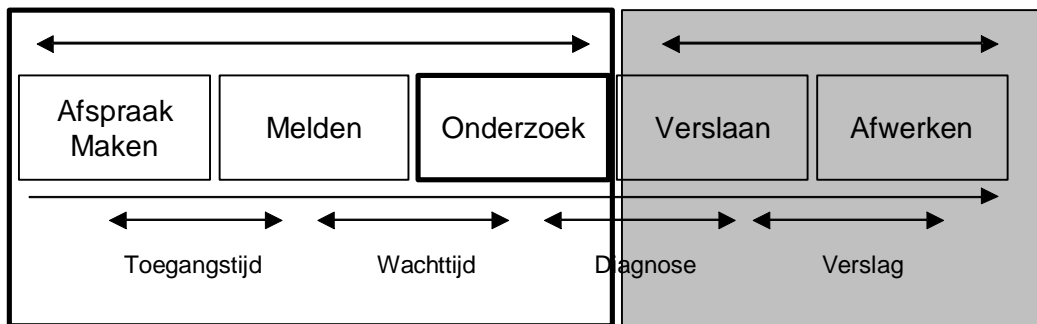
- Openingsplanning voor elke MRI scankamer
- Onderzoeksduur eigenschappen van de verschillende soorten onderzoeken
- Kenmerken van de patiëntgroepen, per patiëntgroep:
 - Aantal aankomsten
 - Groei van het aantal aankomsten
 - Aankomst 'gedrag' (vaak te laat of te vroeg aanwezig?)
 - Aantal No-shows
 - Sterkte van het shop-effect
 - Verdeling van de soort onderzoeken
 - Acceptatiegedrag voor een afspraak

8.2 Discrete event korte termijn simulatie

Om tot eerder genoemde uitvoer te komen is het nodig om de eerste drie deelprocessen van het MRI proces na te bootsen, of te simuleren (Figuur 8-1 MRI Proces Simulatie). Deze eerste drie processen zijn: Afspraak, Melden en Onderzoekproces. Door middel van simulatie is het mogelijk om de werkelijkheid na te bootsen op de computer. Bij het opstellen van een wiskundig model is geabstraheerd van de werkelijkheid en zal er een versimpelde versie van de werkelijkheid worden nagebootst. Doordat er gebruik gemaakt wordt van de computer kan deze versimpelde werkelijkheid snel worden nagebootst en worden doorgerekend. Simulatie wordt ook wel het proces van het ontwerpen van een systeem en het doen van experimenten met dit systeem om het gedrag van het systeem onder verschillende strategieën genoemd [Shannon, 19975]. Een simulatie model verzamelt de voorgedefinieerde statistieken over het verloop van het gemodelleerde systeem gedurende een bepaalde vastgestelde tijdsperiode.

Discrete Event

De simulatievariant die tijdens deze studie wordt toegepast is 'Discrete Event' simulatie. Tijdens een simulatie zal de 'werkelijke' tijd zeer snel worden doorlopen. Bij discrete event simulatie is het enkel van belang om te kijken naar die momenten in de tijd waarbij de status van het te bekijken systeem veranderd [Ball, 1996]. Deze status zal niet continu veranderen, daarom wordt bij de simulatie niet de gehele tijd continu doorgelopen, maar wordt er direct doorgesprongen naar de momenten dat er daadwerkelijk iets veranderd. De tijd wordt hiermee gecomprimeerd. De tijdsas is daardoor niet continu, maar discreet.



Figuur 8-1 MRI Proces Simulatie

Voorbeelden van momenten, of gebeurtenissen (events), die kunnen plaatsvinden zijn aanvragen voor onderzoeken, de aankomst voor een patiënt voor onderzoek of de aankomst van een spoed patiënt.

Korte termijn

Binnen discrete event simulatie worden er twee soorten manieren van simuleren onderscheiden: *lange termijn* en *korte termijn* simulatie. Lange termijn simulatie wordt voornamelijk gebruikt als de periode waarover gesimuleerd (tijdshorizon) wordt niet van belang is en de verwachte eindtoestand van het systeem wel van belang. Er wordt daarbij één lange simulatiereplicatie uitgevoerd. Lange termijn simulatie wordt ook wel 'steady-state' (of evenwichtssituatie) simulatie genoemd [Tijms, 1992]. De bedoeling is het gedrag van het model te bestuderen wanneer het effect van de begintoestand is uitgewerkt, statistisch bevindt het systeem zich dan in een evenwichtssituatie (steady-state). Het gemiddelde gedrag is van het systeem nadat het een lange tijd in werking is geweest is van belang. Bij korte termijn simulatie is de tijdshorizon daarentegen juist beperkt en is het doel van het systeem niet om de evenwichtssituatie te bestuderen, maar juist de (eind)situatie waarin het systeem zich na een *bepaalde* tijd bevindt. Er worden daarom meerdere onafhankelijke simulatiereplicaties uitgevoerd. Bij dit project wordt daarom gebruik gemaakt van korte termijn simulatie.

Simulatie Kenmerken

Een simulatie opzet wordt compleet gespecificeerd als, naast het mathematische model wat wordt gebruikt, alle overige typische simulatie kenmerken worden gegeven. Deze typische simulatie kenmerken voor het model wat in dit onderzoek wordt gebruikt zijn:

- Soort simulatie: *Discrete Event Korte termijn simulatie*

- Initiële toestand: *Leeg*

De situatie of toestand waarin de simulatie begint (initiële toestand) zal leeg zijn. Dit betekent dat er bij de start van de simulatie gebruik wordt gemaakt van een MRI planning waarin geen patiënten zijn gepland en er geen patiënten zijn die worden onderzocht.

- Opwarmperiode: *Variabel, standaard 3 maanden*

De opwarmperiode is de tijdsperiode die de simulatie nodig heeft om te simuleren dat het MRI proces er “normaal” uitziet. Aangezien de simulatie start met een lege planning zullen er in het begin geen patiënten komen voor onderzoek en worden er geen patiënten onderzocht. Deze situatie komt niet overeen met de normale werkelijkheid, daar is de planning immers altijd vol en worden er tijdens de openingstijden van MRI altijd onderzoeken gedaan. Tijdens de opwarmperiode worden geen prestatie-indicatoren bijgehouden, en zal er geen sprake zijn van groei van het aantal aanvragen. Na de opwarmperiode zal de simulatie wel overeenkomen met de normale gang van zaken. De opwarm periode is variabel in te stellen (maanden), maar er wordt standaard gebruik gemaakt van 3 maanden,

- Replicatielengte: *Variabel, standaard 3 jaar*

De replicatielengte is de lengte van één simulatierun. De replicatielengte is variabel, maar standaard is deze 3 jaar. Er wordt in dat geval een simulatie uitgevoerd voor 3 jaar in de toekomst.

- Aantal replicaties: *Variabel, standaard 100*

Hiermee wordt het aantal keer dat er een onafhankelijke simulatie wordt doorgerekend gespecificeerd, kortom hoe vaak het MRI proces wordt nagebootst. Hoe meer replicaties hoe nauwkeuriger de resultaten van de simulatie worden, en andersom. De mate van nauwkeurigheid is af te leiden uit te betrouwbaarheids intervallen van de resultaten.

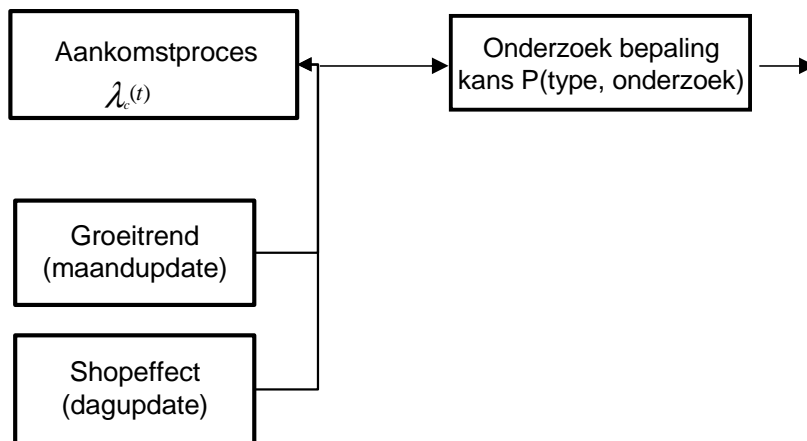
8.3 Mathematisch model

Zoals in de vorige paragraaf is uitgelegd wordt er bij simulatie een vereenvoudigd model van de werkelijkheid gebruikt. Dit mathematisch vereenvoudigd model van het MRI planningsproces zal in deze paragraaf worden besproken. Het model is onder te verdelen in de MRI stappen Aanvraag, Planning, Aankomst en Onderzoek.

De data gebruikt voor dit model komt uit de planningsystemen van JBZ, maar ook uit een op locatie gehouden meetonderzoek zoals beschreven is in 'Bijlage D: Data Analyse'.

8.3.1 Aanvraag

De binnenkomende patiënten, kortom de aanvragen voor de onderzoeken, worden gemodelleerd als binnenkomende aanvragen vanuit een van de zes patiëntengroepen. In onderstaand figuur wordt het gehele aanvraagmodel schematisch weergegeven. Het bestaat uit een aankomstproces voor elke patiëntgroep, die wordt aangepast afhankelijk van de groeitrend en het shop-effect. Daarnaast zal worden bepaald welk onderzoek de patiënt zal aanvragen.



Figuur 8-2 Aanvraagmodel

Aankomstproces

Voor elk van deze patiëntengroepen is er een aankomstproces gedefinieerd.

Definieer de verzameling patiëntengroepen als:

$$C = \{PS, PSS, PR, KS, KSS, KR\}$$

Elk aankomstproces \mathcal{X}_c is gemodelleerd als een onafhankelijk Poisson proces (zie Bijlage A: Mathematische methoden) met een voorgedefinieerde, patiëntgroep afhankelijke, aankomstintensiteit.

$$\lambda_c(t) = \text{aankomstintensiteit patiëntgroep } c \text{ op tijd } t \mid c \in C$$

De keuze om het aankomstproces als een Poisson proces te modelleren is een in de literatuur veel gemaakte keuze [Leemis, 2000; Shannon, 1975; Tijms, 2002]. Het Poisson proces is een toevalsproces waarbij het proces kan worden gezien als een proces waarbij met stochastische tussenpozen een gebeurtenis (in dit onderzoek een onderzoeksaanvraag) plaatsvindt. Een van de belangrijkste eigenschappen van het Poisson proces is dat de tijdsintervallen tussen de verschillende aankomsten *onafhankelijke* stochastische variabelen zijn. Concreet betekent dit dat de historie van eerdere aankomsten niet uitmaakt voor het moment waarop de volgende aankomst zal plaatsvinden: de aankomsten zijn onafhankelijk van elkaar. In werkelijkheid is er van onafhankelijkheid tussen de verschillende aankomsten ook sprake; een patiënt zal onafhankelijk van een andere patiënt een afspraak willen maken.

De aanname dat de aankomsten Poisson processen zijn kan niet worden gevalideerd met de beschikbare data. Er is geen data uit de radiologie computersystemen beschikbaar waaruit deze aannames kunnen worden gevalideerd. Dit komt omdat de data die beschikbaar is geaggregeerd is. Kortom, er is alleen samengevatte informatie per periode van bijvoorbeeld een maand. De oorspronkelijke data waaruit veel meer informatie te halen valt, zoals de precieze tijden van de onderzoeksaanvragen tezamen met de onderzoekscode en patiëntgroep, wordt niet opgeslagen. De maandelijks geaggregeerde data is bovendien waarschijnlijk beïnvloed door seizoensinvloeden, handmatige ingrepen in de MRI openingsplanning en tijdelijke patiëntspecifieke (sneller-beter) voorrangprojecten. Door deze invloeden hebben het aantal aanvragen geen natuurlijk verloop en is verdelingsonderzoek op de Poisson aanname niet juist mogelijk. We nemen daarom aan dat de aankomsten Poisson processen zijn. De Poisson aanname wordt versterkt doordat de aanname een in de literatuur veel gemaakte aanname is voor de aanvragen van onderzoeken in de gezondheidszorg [Lowery, 1998].

Onderstaand een overzicht van de verschillende aankomstprocessen.

Klinisch	Regulier	$\mathcal{X}_{KR} = \text{Poisson}(\lambda_{KR})$
	Semi-spoed	$\mathcal{X}_{KSS} = \text{Poisson}(\lambda_{KSS})$
	Spoed	$\mathcal{X}_{KS} = \text{Poisson}(\lambda_{KS})$
Poliklinisch	Regulier	$\mathcal{X}_{PR} = \text{Poisson}(\lambda_{PR})$

	Semi-spoed	$\chi_{PSS} = Poisson(\lambda_{PSS})$
	Spoed	$\chi_{PS} = Poisson(\lambda_{PS})$

Figuur 8-3 Aankomstprocessen

Bij de aankomstintensiteiten van de twee reguliere en van de Semi-spoed aanvragen wordt rekening gehouden met de openingstijden van radiologie; buiten deze openingstijden is het voor deze patiënten niet mogelijk om een afspraak te maken. Daarom geldt voor de aankomstintensiteiten van alle, behalve spoed, processen:

$$\lambda_c(t) = 0 \text{ als } t \notin \{\text{openingstijden}\}, c \notin \{PS, KS\}$$

De gemiddelde aankomsttijd (per maand), en hiermee de aankomstintensiteit, wordt bepaald uit de schattingen voor het totaal aantal aanvragen voor elke patiëntcategorie over het jaar 2005 (zie Bijlage B: MRI onderzoeksantallen).

Groei trend

Om de groei trend (5.5) te modelleren zullen de verschillende aankomstintensiteiten worden aangepast om hierin de groei te verwerken. Om deze groei zo natuurlijk mogelijk mee te nemen zal de veronderstelde groei in dit model plaatsvinden per maand. Hiermee wordt voorkomen dat er aan het einde van een jaar plots een onnatuurlijke grote stijging van het aantal aanvragen zal plaatsvinden. Het jaarlijkse gemiddelde groeipercentage wordt omgerekend naar een gemiddeld maandelijks groeipercentage. Dit gemiddelde groeipercentage per maand zal worden gebruikt om de aankomstintensiteiten elke maand te laten groeien.

Het groeipercentage per maand is een gemiddelde groei. Deze groei kan in sommige maanden groter of juist kleiner zijn dan in andere maanden en jaren. Ook is het mogelijk dat er in een maand juist in het geheel geen groei is maar een afname van het aantal onderzoeks aanvragen. Door deze schommelingen kunnen extremen ontstaan in het aantal aanvragen. Door deze extremen kunnen er (eerder) capaciteitsproblemen ontstaan. Om dit effect te modelleren zal de maandelijks groei niet deterministisch maar, op onderstaande wijze, stochastisch worden gemodelleerd.

De aankomstintensiteit per patiëntgroep op maand $t+1$, afhankelijk van het maandelijks categorie onafhankelijke groeipercentage, wordt gegeven door:

$$\lambda_c(t+1) = \text{normaal}(\lambda_c(t) \cdot (1+g), \delta_c^2) | c \in C$$

Hierbij is:

$\lambda_c(t)$ = aankomstintensiteit categorie c in maand t

g = maandelijksse groeipercentage

δ_c^2 = variantie aankomstintensiteit categorie c

Voor elk van de zes aankomstprocessen wordt de aankomstintensiteit per maand op bovenstaande wijze, onafhankelijk van de overige aankomstprocessen, aangepast. Deze manier van modeleren zorgt ervoor dat groei van aanvragen van een van de zes categorieën onafhankelijk van de overige categorieën mogelijk is. Het is bijvoorbeeld mogelijk dat op een bepaald moment er een zeer sterke toename is van klinisch reguliere aanvragen, terwijl de aanvragen van klinisch Semi-spoed juist afnemen. Een tweede voordeel is de mogelijkheid om voor elke categorie patiënten een andere groei variantie te kunnen specificeren. Hierdoor is het mogelijk om in het model aan te geven dat bepaalde categorieën een zeer stabiele groei doormaken, terwijl andere categorieën daarentegen juist een zeer onstabiele groei doormaken.

Het groeipercentage per patiëntgroep wordt geschat door de specialisten gebruikmakend van de jaarlijkse groei van het jaar 2005 ten opzichte van 2004 (zie Bijlage B: MRI onderzoeksantallen) en de aanname dat de groei van spoed onderzoeken en de variantie veel kleiner is dan van de overige patiëntgroepen.

Shop-effect

Aangezien volgens planners het shopeffect een duidelijk effect zou hebben op het aantal aanvragen voor onderzoek zal de aanzuigende werking ook worden gemodelleerd. Deze werking is echter moeilijk exact te bepalen, tevens is hierover binnen JBZ geen benodigde data beschikbaar of bekend. Ook in de literatuur is hierover weinig bekend. Een redelijke veronderstellingen is dat de aanzuigende werking voornamelijk zal afhangen van de toetredingstijd. Over de relatie tussen de vraag naar onderzoeken en de toetredingstijd zijn enkele plausibele veronderstellingen gedaan:

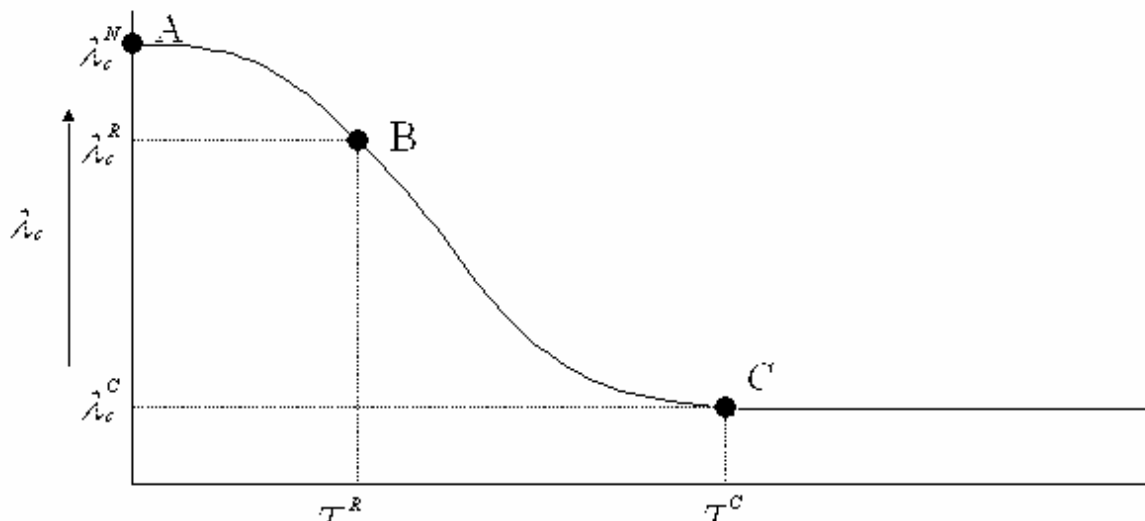
1. Bij een (zeer) kleine toetredingstijd zal de vraag op zijn hoogst zijn.
2. Bij een (zeer) grote toetredingstijd zal de vraag op zijn laagst zijn.
3. De vraag naar onderzoeken zal toenemen naar gelang de toetredingstijd afneemt.
4. Bij toenemende toetredingstijd zal de vraag niet lineair afnemen.
5. Bij een zeer grote toetredingstijd zal er nog vraag blijven bestaan.

Punt 4 en 5 dienen enige verklaring. Bij toenemende toetredingstijd zal de vraag niet lineair afnemen. Voor veel patiënten, vooral bij niet spoed onderzoeken, lijkt het plausibel om te veronderstellen dat het voor de patiënt niet zoveel uitmaakt of zij binnen een week of binnen drie weken onderzocht worden. Enkel na een bepaalde tijd, bijvoorbeeld na 1,5 maand, vindt de patiënt de toetredingstijd te lang worden en zal er een sterkere neiging zijn

om naar een ander ziekenhuis te gaan. Een minimum vraag zal zelfs bij bijvoorbeeld een toetredingstijd van deze 1,5 maand altijd nog blijven bestaan. Bepaalde patiënten zullen uit gewoonte en vertrouwen altijd voor een bepaald ziekenhuis blijven kiezen.

Wat echter moet worden opgemerkt is dat er hoogst waarschijnlijk wel een verschil zal zijn in de sterkte van de relatie tussen de toetredingstijd en de vraag bij de verschillende patiëntcategorieën. Deze relatie zal bijvoorbeeld sterker zijn bij Semi-spoed patiënten dan bij reguliere patiënten. Een Semi-spoed patiënt wilt snel worden onderzocht. Een spoed patiënt zal sowieso geholpen worden, hiervoor geldt het shopeffect daarom in zijn geheel niet. Hetzelfde geldt ook voor de klinische patiënten.

Alle bovenstaande veronderstellingen in acht nemend kan het gedrag worden gemodelleerd zoals de grafiek in Figuur 8-4. Hierbij wordt aangenomen dat, volgens aanname 5, de aankomstintensiteit constant zal blijven nadat de toetredingstijd groter zal zijn dan een bepaalde waarde.



Figuur 8-4 Shop-effect

Laat:

λ_c^N = Aankomstintensiteit groep c bij een toegangstijd van 0 weken (Nul-Intensiteit)

λ_c^R = Aankomstintensiteit groep c bij toegangstijd T_c^R weken (Referentie-Intensiteit)

λ_c^C = Aankomstintensiteit groep c voor contante intensiteit (Constante-Intensiteit)

Bovenstaande grafiek kan met drie gegeven datapunten en enkele overige schattingen worden gemodelleerd. Op de horizontale as wordt de toetredingstijd in het aantal weken gegeven. Bij radiologie is de huidige toetredingstijd met de daarbij behorende aankomstintensiteit bekend. Dit gegeven kan als referentie-intensiteit worden gebruikt (punt B). Hiernaast is er nog een maximale waarde van de intensiteit nodig welke geldt als er een toetredingstijd is van 0: de nulintensiteit. Deze waarde dient geschat te worden door

radiologie (punt A). De laatste benodigde waarde is het niveau en de toetredingstijd waarop de intensiteit constant zal blijven (punt C).

De curve is nu te modelleren door deze als een curve bestaande uit drie delen op te vatten:

$$\text{Shop-effect afhankelijke aankomstintensiteit } SE(T_c) = \begin{cases} SE_1(T_c), & T_c \in [0, T_c^R] \\ SE_2(T_c), & T_c \in [T_c^R, T_c^C] \\ SE_3(T_c), & T_c \in [T_c^C, \infty] \end{cases}$$

De curve van de eerste twee delen wordt gemodelleerd door middel van *kwadratische spline interpolatie* (zie 0) [Kaw, 2003], het derde deel is een constante intensiteit.

De referentie-intensiteit, punt B, wordt bepaald door middel van de door radiologie laatste wekelijks bepaalde toetredingstijd voor MRI. De punten A en C worden door specialisten geschat.

Tijdens simulatie wordt een aankomstintensiteit Z.I (groter dan de nul-intensiteit), gegeven de bijbehorende toetredingstijd Z.T, op de volgende manier aangepast met het shop-effect:

1. Bepaal intensiteit X.I uit de shopeffectcurve behorend bij de gegeven toetredingstijd Z.T
2. Bepaal de ratio: X.I / intensiteit van de nulwaarde (punt A)
3. Resulterende intensiteit wordt dan gegeven door: Z.I vermenigvuldigd met de ratio uit punt 2.1

Onderzoek bepaling

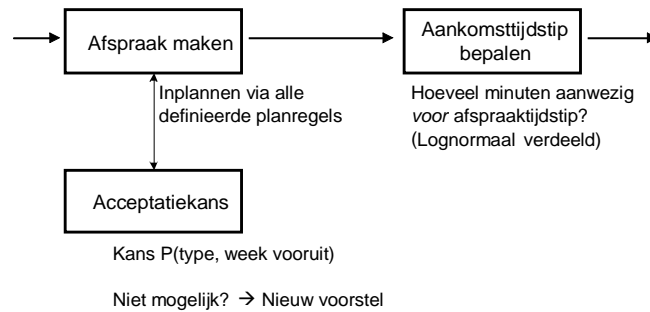
Na aankomst van een aanvraag uit een bepaalde patiëntgroep zal moeten worden bepaald welk type onderzoek de patiënt zal aanvragen. Dit wordt gemodelleerd door een discrete kansverdeling voor elke patiëntgroep waarbij voor elk mogelijk onderzoek is gespecificeerd wat de kans is dat de patiënt uit die patiëntgroep het onderzoek wilt laten uitvoeren.

$$P_O^c(i) = \text{kans op onderzoek van type } i, \text{ met patient uit groep } c$$

De kansen voor elke combinatie onderzoek en patiëntgroep worden benaderd door de fractie van het totaal aantal onderzoeken per patiëntgroep te bepalen van elke onderzoek voor elke patiëntgroep uit de MRI onderzoeks aantallen (zie Bijlage B: MRI onderzoeks aantallen).

8.3.2 Planning

Nadat een aanvraag voor een onderzoek is gespecificeerd, moet deze aanvraag worden ingepland. Deze planning is schematisch weergegeven in onderstaand figuur.



Figuur 8-5 Afspraakmodel

Afspraak maken

De planning van een onderzoek op een bepaald tijdstip wordt als los onderdeel in het simulatiemodel gemodelleerd. Door het los modelleren en implementeren van het planningsproces kan op een “relatief eenvoudige” wijze een ander planningsmodel in het algehele simulatiemodel worden geïmplementeerd. Hierdoor is het mogelijk om, naast de standaard manier van plannen, eventueel andere planningsmethoden te onderzoeken.

Om bovenstaande te kunnen modelleren dient een te modelleren planningsmodel in een opgesteld standaard planningsframework te passen. Dit framework is als volgt gespecificeerd:

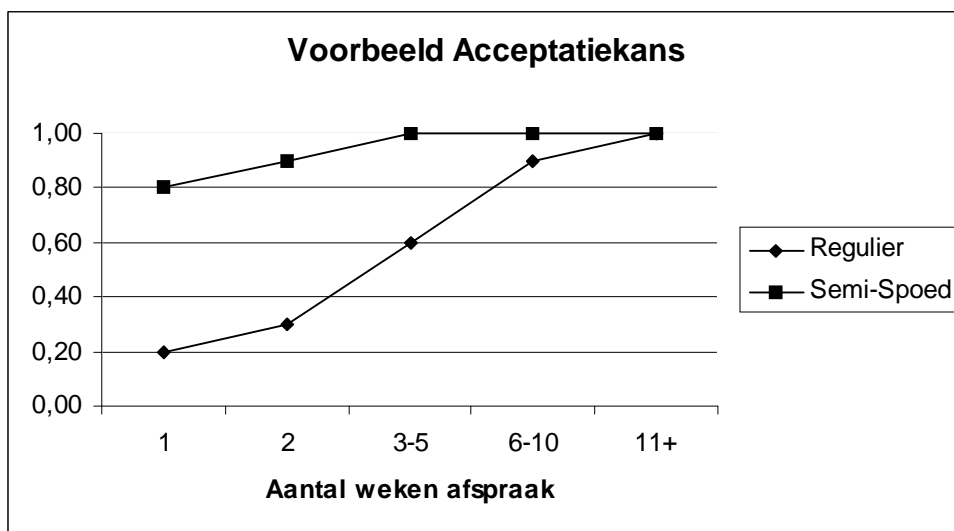
1. Doe voorstel voor een afspraaktijdstip [volgens de planningsmethode]
2. Bepaal of de patiënt het voorstel accepteert (via acceptatiemethode)
 - a. Acceptatie: Ga naar stap 3
 - b. Afwijzing: Ga naar stap 1
3. Plan de patiënt in op het voorgestelde tijdstip

In dit onderzoek worden de aanvragen ingepland volgens de planning zoals die beschreven staat in 7.2. Bij elke aankomst zal planbewaking worden uitgevoerd (7.3).

Acceptatiekans

Bij het maken van afspraken met patiënten heeft de planner in de meeste gevallen te maken met de agenda van de patiënt. Het is zeer waarschijnlijk dat een patiënt bij het maken van een afspraak op de korte termijn, bijvoorbeeld binnen 14 dagen, al andere afspraken heeft staan en het moeilijk is om binnen deze termijn een afspraak te maken. Hoe verder in de toekomst de afspraak ligt, des te waarschijnlijker is het dat een patiënt in zal stemmen met de afspraak. Deze acceptatiemethode wordt daarom gemodelleerd door middel van een stapsgewijze kansverdeling waarbij voor elke periode een kans is gespecificeerd waarmee de patiënt het voorgestelde tijdstip voor de afspraak accepteert. Voor elke patiëntengroep wordt een andere kansverdeling gedefinieerd zodat er voor elke groep aparte acceptatiekansen kunnen worden opgegeven. Een Semi-spoed patiënt zal zo spoedig mogelijk geholpen moeten worden en zal waarschijnlijk hiervoor al zijn overige afspraken annuleren, dit terwijl een reguliere patiënt een afspraak meer in de toekomst kan maken.

$$P_A^c(t) = \text{kans op acceptatie over } t \text{ weken, met patient uit groep } c$$



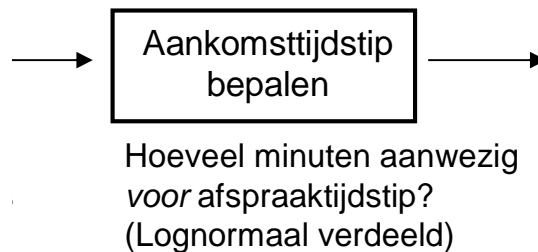
Figuur 8-6 Voorbeeld Acceptatiekansen

De acceptatiekansen worden per patiëntgroep gespecificeerd, zoals bijvoorbeeld in Figuur 8-6 te zien is. Voor elke week, of een interval van weken, voor het maken van een afspraak in de toekomst moet de acceptatiekans worden gegeven. Daarnaast wordt er een maximum aantal weken gespecificeerd voor de patiëntgroep waarna de acceptatiekans altijd 1 zal zijn en de patiënt de afspraak dus altijd zal accepteren.

Er zijn geen gegevens beschikbaar over de acceptatiekansen, en deze worden daarom ook geschat door specialisten. Hierbij wordt verondersteld dat spoed patiënten altijd zullen accepteren, en direct een acceptatiekans van 1 zullen hebben.

8.3.3 Aankomsttijdstip

Nadat er een afspraak met de patiënt is gemaakt wordt het aankomst moment bepaald waarop de patiënt zich zal melden bij de radiologie afdeling. Zoals eerder beschreven zullen patiënten niet exact op het gestelde afspraakmoment verschijnen. Een patiënt kan te vroeg of te laat voor zijn afspraak verschijnen. Om dit element te modelleren wordt verondersteld dat het *verschil* tussen de geplande aankomst en de werkelijke aankomst van de patiënt een bepaalde verdeling heeft. Er wordt verondersteld dat de onafhankelijk van elkaar verdeelde verschillen niet afhankelijk zijn van het tijdstip van de geplande aankomst. Deze veronderstelling zal voor veel dagen geen bezwaar zijn. De werkelijke



Figuur 8-7 Aankomstmodel

aankomsttijden zijn in werkelijkheid zeker niet onafhankelijk van elkaar. Op bijvoorbeeld dagen met een openbaarvervoer staking of slechte weersomstandigheden zullen de aankomsttijden afhankelijk zijn van elkaar; Alle patiënten zullen waarschijnlijk later dan normaal verschijnen door deze omstandigheden. Vooral aan het begin van een werkdag zal deze correlatie het sterkst zijn.

Definieer:

T_{NG} = No-Go uitlooptijd in minuten

T_{VA} = vervroegde afspraaktijd in minuten

$T_A(p)$ = aankomst tijdstip patient p

$T_p(p)$ = gepland tijdstip patient p

β_c = verwachte aankomst voor tijdstip $T_A + T_{NG}$ patientgroep c

$\delta_{A,c}^2$ = spreiding aankomsten patientgroep c

Zoals uit de gehanteerde MRI planningsmethodiek blijkt (7.2), zullen patiënten die bij JBZ meer dan 10 minuten te laat op de MRI afdeling verschijnen na hun onderzoeksmoment niet meer worden onderzocht. Deze 10 minuten wordt de No-Go uitlooptijd genoemd. De patiënten krijgen een oproep om zich 20 minuten voor dit onderzoeksmoment te melden bij de MRI afdeling (de vervroegde afspraaktijd).

Uit data-analyse (zie Bijlage D: Data Analyse) blijkt dat er verondersteld mag worden dat de *verschillen* tussen de geplande aankomsttijd en de vervroegde aankomsttijd van de patiënten met als domein $[-T_{NG}, \infty]$ in dit onderzoek log-normaal verdeeld zijn.

Om het aankomsttijdstip van de patiënt in de simulatie te bepalen kan nu gebruik worden gemaakt van de volgende formulering:

$$T_A(p) = T_P(p) - (\text{lognormaal}(\beta_c, \delta_{A,c}^2) - T_{NG})$$

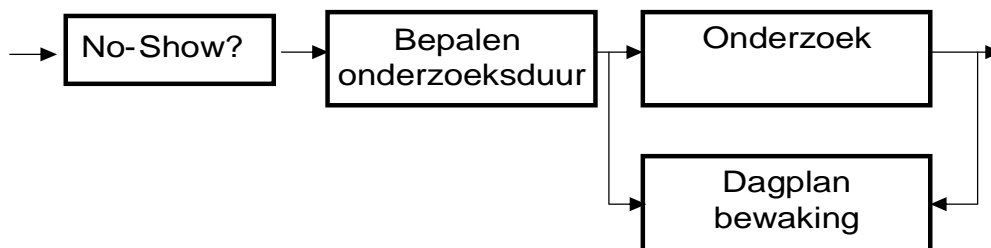
De verwachte vervroegde aankomst voor elke patiëntgroep is uit eerder genoemde data-analyse bepaald (zie Bijlage D: Data Analyse). Voor deze data-analyse zijn metingen verricht omdat de benodigde data (zoals de precieze meldtijden, onderzoekstarttijden en afspraaktijden) niet beschikbaar is in de radiologie computersystemen.

De bovenstaande modelering bevat geen informatie over patiënten die later dan de no-go tijd T_{NG} arriveren. Dit is niet in bovenstaande modelering meegenomen. Patiënten die later dan de no-go tijd arriveren zullen in eerste instantie niet worden onderzocht. In sommige gevallen (zie 7.2) kan deze patiënt alsnog worden onderzocht. Daarom wordt vóór de bepaling van het aankomsttijdstip bepaald of een patiënt later dan T_{NG} zal arriveren. Is dit niet het geval dan wordt het aankomsttijdstip op de eerder besproken methode bepaald, anders wordt het aankomsttijdstip op de volgende methode bepaald: per patiëntgroep wordt de kans $P_{NG,c}$ bepaald dat een patiënt later dan T_{NG} arriveert. Per kans wordt tevens een vast aantal minuten te laat vastgesteld.

Zoals eerder besproken zijn ook hier geen benodigde gegevens over beschikbaar in de radiologie computersystemen en zullen de percentages en het bijbehorend vast aantal minuten te laat moeten worden geschat door specialisten.

8.3.4 Onderzoek

Als de patiënt binnenkomt op het voor die specifieke patiënt in de vorige stap bepaalde aankomsttijdstip zullen de volgende stappen worden ondernomen.



No-show

Er zal worden bepaald of de patiënt een No-show patiënt zal worden, en dus niet zal komen voor zijn onderzoek. Voor elke patiëntengroep wordt de kans gedefinieerd dat een patiënt een No-show zal zijn.

$$p_{NS}^c = \text{no-show kans van patient in groep } c$$

Er is bewust gekozen voor een constante No-show kans per patiëntengroep aangezien verondersteld wordt dat de vraag of een patiënt een No-show zal worden enkel afhangt van de patiëntengroep tot welke hij behoort. Hiermee wordt dus ook geïmpliceerd dat het No-show karakter van een patiënt niet afhangt van de huidige toetredingstijd; Een patiënt zal onafhankelijk van zijn toetredingstijd besluiten om wel of niet te verschijnen op zijn afspraak. Er kan worden betwist of deze aanname realistisch is. Het is denkbaar dat patiënten met een afspraak op de korte termijn al een op korte termijn drukke agenda hebben, maar desondanks toch denken om op tijd op het afspraakmoment aanwezig te kunnen zijn. Deze patiënten kunnen op het laatste moment besluiten om in het geheel niet te verschijnen op de onderzoeksafspraak, omdat de overige afspraken verhinderen om naar het onderzoek te komen.

In dit onderzoek wordt uit de data van JBZ (zie Bijlage B: MRI onderzoeks aantallen) voor elke patiëntengroep het percentage No-show patiënten vastgesteld en gebruikt als benadering voor de No-show kans van de patiëntengroep.

Onderzoeksduur

Als bepaald is dat de patiënt geen No-show is wordt de onderzoeksduur bepaald, waarmee rekening met eventuele in of uitloop wordt gehouden. De onderzoeksduur wordt gebaseerd op de afwijking van de normduur voor het onderzoek. Uit data-analyse (zie Bijlage D: Data Analyse) blijkt dat de relatieve afwijking van de onderzoeksduren met de normduren per patiëntgroep normaal verdeeld is. De onderzoeksduur T_O^c voor een de patiënt wordt in dit model daarom gegeven door:

$$T_{Norm}^c(o) = \text{Normtijd voor patientgroep } c \text{ en onderzoek } o$$

$$\mu_{Afw}^c = \text{verwachte procentuele normafwijking patientgroep } c$$

$$\delta_{Afw}^2(c) = \text{verwachte variantie van de procentuele normafwijking patientgroep } c$$

$$T_O^c(o) = T_{Norm}^c(o) \cdot (1 + \text{normaal}(\mu_{Afw}^c, \delta_{Afw}^2(c))) \text{ voor patientgroep } c \text{ en onderzoek } o$$

Ook voor bepaling van deze modelering waren geen benodigde gegevens, zoals onderzoekstart en eindtijden, beschikbaar in de radiologie computersystemen en is daarom in dit onderzoek een meting verricht (zie Bijlage D: Data Analyse). De verwachte procentuele normafwijking en variantie is doormiddel van deze metingen geschat.

Onderzoek

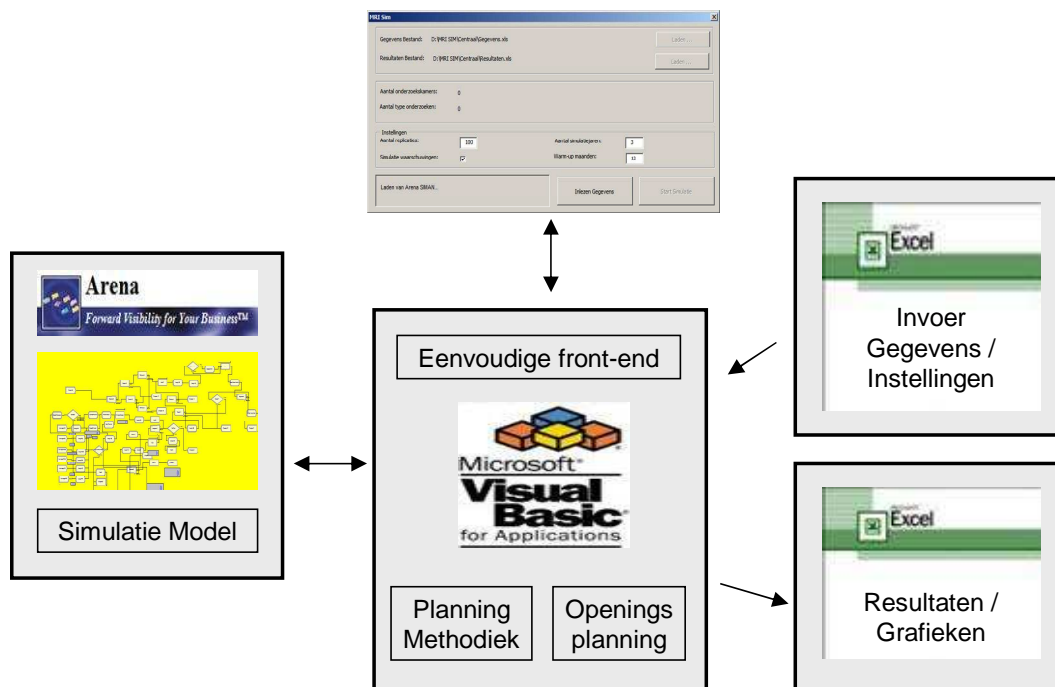
Zodra de onderzoeksduur bepaald is zal de scankamer waarin het onderzoek gepland is worden bezet. Er zal direct voor en na de start van het onderzoek planbewaking worden uitgevoerd (7.3). Zodra het onderzoek is afgelopen wordt de scankamer weer vrijgegeven.

8.4 Implementatie

Het simulatieprogramma is geïmplementeerd in het simulatiepakket Rockwell Arena, waarbij daarnaast gebruik is gemaakt van de programmeeromgeving Microsoft Visual Basic for Applications (VBA), en het programma Microsoft Excel. Zie Figuur 8-9 voor een overzicht van de verschillende onderdelen van de implementatie. Tijdens de implementatie is gebruik gemaakt van de verificatie en validatie methodes die beschreven zijn in Bijlage E: Verificatie en Validatie. Door de problemen zoals in de Discussie worden beschreven is het simulatiemodel niet door deze verificatie en validatie heen gekomen.

Arena

Arena is een simulatiepakket specifiek voor ‘discrete event’ simulatie. Arena is visueel opgezet zodat het simulatiemodel visueel opgebouwd kan worden, en er eenvoudiger inzicht wordt verkregen in het simulatie model [Kelton, 2001]. Zie Bijlage F: Gebruikte Programma's voor meer informatie omtrent Arena. Een voorbeeld van de werkomgeving van Arena is te zien in Figuur 8-10. In Figuur 8-11 is het Arena model te zien wat ontwikkeld is voor dit onderzoek.



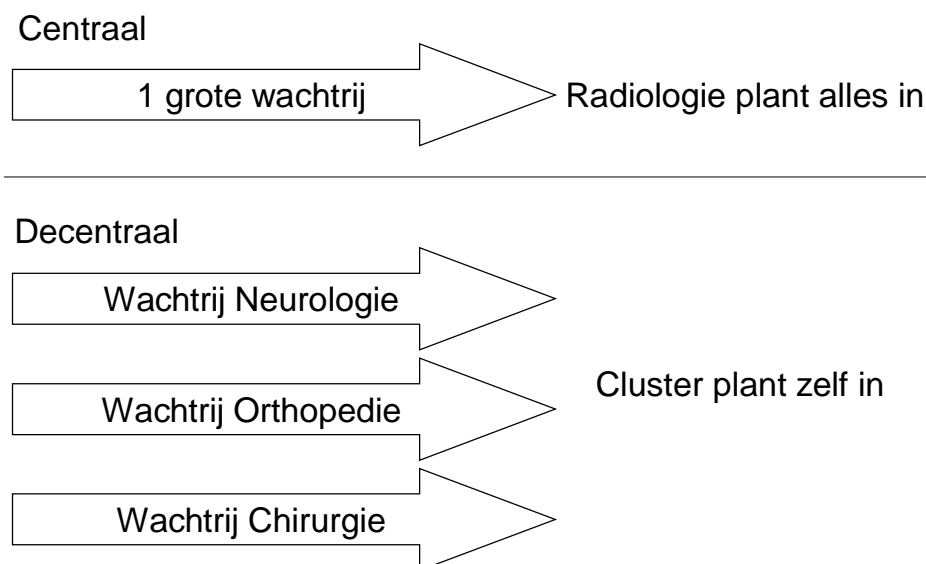
Figuur 8-9 Implementatie overzicht

9 Decentrale Capaciteitsplanning

In het vorige hoofdstuk is een mathematisch model en simulatieprogramma opgesteld om de huidige, centrale, manier van MRI planning door te kunnen rekenen. In dit hoofdstuk wordt daarentegen gekeken naar een andere methode voor MRI planning: *decentrale* planning. Er zal worden besproken wat decentrale planning betekent, en wat de voor en nadelen hiervan zijn. Tot slot zal ook deze decentrale planmethode worden geïmplementeerd in een programma en een eenvoudig mathematisch model, zodat hiermee een vergelijking kan worden gemaakt tussen centrale en decentrale capaciteitsplanning.

9.1 Decentrale planning

Zoals in 6.2.1 beschreven is, is het onderzoeken van een verbeterde methode voor de openingsplanning een van de interventies waar de MRI afdeling zich op concentreert. Om aanpassingen op de huidige manier van plannen te onderzoeken is, zoals in 8.1 is beschreven, een simulatieprogramma ontwikkeld. Deze huidige manier van plannen wordt een 'centrale' planningmethode genoemd. De planning wordt namelijk centraal op een punt geregeld: op de planningsafdeling van radiologie. Het tegenovergestelde van een centrale planning is een 'decentrale' manier van plannen. Bij decentraal plannen is de planning niet op één centraal punt ingevuld, maar wordt dit gedecentraliseerd naar onderafdelingen.



Figuur 9-1 Centraal versus Decentraal

In Figuur 9-1 is het verschil tussen decentrale en centrale planning schematisch weergegeven. Bij een centrale planning worden de aanvragen van alle clusters voor een patiëntgroep op een manier verwerkt waardoor het feitelijk overeenkomt met één grote wachtrij van onderzoekaanvragen die de clusters bij radiologie indienen. De planningsafdeling van radiologie plant deze onderzoekaanvragen in. Bij decentrale planning zijn alle clusters zelf verantwoordelijk voor het inplannen van de onderzoeken in de radiologie openingsplanning. Elke cluster krijgt een vooraf bepaald deel van de tijd, een *tijdframe*, van de radiologie openingsplanning toegewezen die door de cluster zelf dient te worden ingepland. Zie Figuur 9-2 voor een voorbeeld openingsplanning met tijdframes gereserveerd voor alle clusters die bij MRI onderzoeken laten verrichten. Op deze manier ontstaan er in plaats van één wachtrij meerdere wachtrijen voor radiologie onderzoekaanvragen; Bij elke cluster ontstaat een wachtrij. Daarnaast is de cluster nu zelf verantwoordelijk voor het inplannen van de eigen beschikbare tijd die is toegewezen voor onderzoeken bij de radiologieafdeling.

Voordelen decentrale planning

De radiologieafdeling van JBZ denkt met decentrale planning enkele voordelen te kunnen bereiken ten opzichte van de huidige centrale planning:

- De procedures omtrent de manier van plannen worden vereenvoudigd, omdat elke cluster nu alleen rekening hoeft te houden met de onderzoeken van de eigen cluster.
- De wachtlijsten worden beheerd door de clusters zelf.
- De clusters kunnen zelf onderscheid maken tussen patiënten die voorrang dienen te krijgen op de overige patiënten. Overleg, en discussies, bij de radiologieafdeling om voorrang voor patiënten te bereiken is nu niet meer nodig.
- MRI capaciteitsproblematiek verlegd van de radiologieafdeling naar de clusters zelf. De clusters dienen zelf de voor de cluster toegewezen capaciteit optimaal te benutten.

Alle bovenstaande voordelen hebben enkel betrekking op de voordelen op de planningmethode zelf.

9.2 Problematiek decentrale planning

Bij het gebruik van decentrale planning ontstaan enkele problemen waar, ten opzichte van centrale planning, rekening mee moet worden gehouden. Deze problemen zullen in deze paragraaf worden besproken.

Ten eerste ontstaat het probleem van toewijzing van (deel)capaciteit die aan iedere decentrale cluster wordt toegewezen en wat door deze afdeling dan zelf kan worden gaan ingepland. Hoe groot dienen deze door de cluster zelf in te plannen tijdframes nu voor elke cluster gekozen te worden, zodanig dat de algehele plancapaciteit op een redelijke wijze tussen de verschillende afdelingen is verdeeld?

Een tweede probleem is het ontstaan van ruimte of krapte in de tijdframes van clusters. Hoe goed de grootte van de tijdframes aan de individuele clusters ook is, deze grootte zal meestal niet overeenkomen met de werkelijke radiologie capaciteitsbehoefte van de cluster (en daarmee dus de grootte van het tijdsframe voor de afdeling). De toegewezen grootte van het tijdsframe kan bijvoorbeeld veel te groot zijn. In dit geval is er capaciteit die niet zal worden benut en ingepland door de afdeling. Dit zal leiden tot ongebruikte capaciteit en daarmee tot een onderbezetting van de radiologieafdeling. De MRI scanners zullen stil staan. Bij een andere cluster kan het omgekeerde plaatsvinden. Stel er is op een cluster een tekort in beschikbare radiologie MRI capaciteit. Om te voorkomen dat ongebruikte tijd van de ene cluster ongebruikt zal blijven terwijl de andere cluster deze tijd zeer hard nodig heeft dient er een methode te komen die overgebleven capaciteit op een redelijke manier zal onderverdelen onder cluster waarbij nog vraag naar ruimte op de MRI planning zal bestaan.

Het derde probleem heeft te maken met de methode van inplannen bij een decentrale methode voor spoed patiënten. Er dient altijd ruimte te zijn om spoedpatiënten, binnen een gestelde korte termijn te kunnen onderzoeken. Op welke manier dient er te worden gezorgd dat er in deze situatie genoeg capaciteit voor spoedpatiënten is? Hier is nog geen duidelijk beeld over.

Een ander probleem heeft te maken met de voordelen van het groeperen van dezelfde soort onderzoeken. Bij de centrale planningsmethode zorgt de radiologieplanning ervoor dat dezelfde soort onderzoeken bij elkaar gepland worden. Hierdoor kunnen de omsteltijden zo laag mogelijk worden gehouden. Dezelfde soort onderzoeken uit verschillende clusters zullen bij decentrale planning niet meer achter elkaar gepland kunnen worden, wat de omsteltijden negatief kan beïnvloeden.

Het laatste probleem is het wegvallen van belangrijke instrumenten van de dagplanningsbewaking. Doordat de openingsplanning is opgedeeld voor de losse clusters is het niet mogelijk om patiënten te herplannen in een deel van de planning die niet bedoeld is voor de betreffende cluster.

Naast bovenstaande problemen zijn er nog andere openstaande vragen. Bijvoorbeeld: Kunnen clusters onderzoekstijden gaan ruilen? Na welke periode dient de planningscapaciteit toegewezen aan elke cluster te worden aangepast? Kunnen klinische

en poliklinische patiënten door elkaar heen worden ingepland? Kortom, er spelen nogal wat problemen bij een eventuele invoering van decentrale planning waar nog geen juiste oplossingen voor zijn bedacht.

9.3 Modelaanpassing decentrale planning

Om inzicht te krijgen in de effecten op prestatie-indicatoren van het invoeren van een decentrale planningsmethode wordt er net als voor het huidige centrale model een model opgezet. Het is echter ondoenlijk om een “waarheidsgetrouw” model te ontwikkelen, aangezien er nog veel onduidelijkheid is over de precieze invulling van decentrale planning. Om toch een indicatie te kunnen krijgen van de effecten van invoering van een decentrale planning, en effecten van aanpassing van deze decentrale planning op de prestatie-indicatoren zal het mathematische model van de oorspronkelijke centrale planning hiervoor worden aangepast. Het mathematische model voor het onderzoek naar decentrale capaciteitsplanning is volledig gebaseerd op het eerder besproken model voor centrale capaciteitsplanning (5.1).

Aanpassingen ten opzichte van het centrale model:

- Er zal worden verondersteld dat er voor poliklinische onderzoeken voor elke cluster één open tijdslot, bestaande uit meerdere tijdsloten, in de openingsplanning is gereserveerd waarbij elke cluster maar één type onderzoek zal inplannen. Elke cluster komt dus overeen met een bijbehorend type onderzoek. Dit houdt in dat bijvoorbeeld wordt verondersteld dat alle onderzoeken afkomstig van de cluster Neurologie van het type ‘MRI Hersenen’ zijn. Via deze methode wordt het effect van decentrale clusters nagebootst.
- De planbewaking (patiënt verwisselingen, lege afspraken opvulling en dergelijke (zie 7.3)) wordt niet meegenomen.

Klinische en spoed onderzoeken zullen op dezelfde manier worden gemodelleerd als bij de centrale planning. Ook de modelering van de aankomst processen, groei trend en het shopeffect blijft gelijk.

9.4 Decentraal versus centraal

Om inzicht te krijgen op het effect van het invoeren van een decentrale planningsmethode op de gestelde prestatie-indicatoren wordt er een tweede versie van het in hoofdstuk 8 besproken simulatieprogramma gemaakt. Dit programma is volledig gebaseerd op het simulatieprogramma voor centrale planning waarin echter de aanpassingen voor de indicatie voor decentrale planning uit de vorige paragraaf zijn verwerkt.

Om de effecten van de decentrale planningsmethode te kunnen vergelijken met de centrale planningsmethode laten we de simulatieprogramma’s zowel een centrale openingsplanning als een decentrale openingplanning doorrekenen. Bij het doorsimuleren van de decentrale

openingsplanning worden dezelfde onderzoeksaanvraag gegevens gebruikt als bij het centrale model.

De simulaties worden met de volgende instellingen en invoergegevens uitgevoerd:

- MRI openingsplanningen van twee scankamers (zie Bijlage C: Vergelijkingsonderzoek).
 - Bij de decentrale methode worden meerdere achtereenvolgende gesloten tijdsloten van de reguliere poliklinische onderzoeken als tijdsframes voor clusters gedefinieerd.
- De aanvraaggegevens van de patiëntgroepen, acceptatiekansen en dergelijke worden voor beide simulaties gelijk genomen. Zie Bijlage C: Vergelijkingsonderzoek voor alle gebruikte instellingen.
- Er wordt geen aanvragen groei en shop-effect gesimuleerd.
- Er wordt één jaar gesimuleerd met 1000 simulatieruns.
- Overige instellingen volgens de standaard simulatie instellingen (zie 8.2).

Resultaten

De resultaten van beide simulatieruns zijn te vinden in Bijlage C: Vergelijkingsonderzoek. Er moet worden opgemerkt dat het merkwaardig is dat bij veel resultaten de verschillen over de maanden zeer klein zijn. Dit zou kunnen duiden op een fout met betrekking tot het gebruik van de randomgenerator van Arena, waardoor deze uitkomsten niet te vertrouwen zijn. Daarnaast kan het model niet juist worden geverifieerd en daardoor de resultaten niet worden gecontroleerd door de problemen zoals beschreven in hoofdstuk 11. Zo blijken enkele geavanceerde functies fouten te bevatten zodat het gedrag van bepaalde functies onvoorspelbaar wordt. Ook is de in dit onderzoek gebruikte standaard versie van Arena te beperkt in mogelijkheden voor het gebruik op de schaal zoals in dit onderzoek. Een van de belangrijkste beperkingen is de limiet op het aantal gelijktijdig ingeroosterde gebeurtenissen (scheduled events) in de simulatie wat mag worden gebruikt, wat in dit onderzoek via een extra geprogrammeerde ondoorzichtige VBA module is opgevangen.

De volgende simulatieresultaten kunnen wegens bovenstaande redenen niet worden onderbouwd. Bij het vergelijken van deze simulatieresultaten valt op dat het aantal verwerkte aanvragen bij decentrale planning voor alle patiëntgroepen lager is dan bij de centrale methode. Bij de poliklinische reguliere patiënten is het verschil het grootst (1% minder verwerkte aanvragen). Deadline overschreiding (het binnen de vastgestelde termijn een onderzoekafspraak kunnen maken) is enkel te zien bij de poliklinisch reguliere patiënten.

9.5 Decentraal versus centraal, tweede methode

In de vorige paragraaf is beschreven hoe door gebruik van de simulatietool een vergelijking is gemaakt tussen decentraal en centrale planning. Deze vergelijking willen we ook op een eenvoudigere andere manier uitvoeren, zodat het effect van decentraal plannen duidelijk zichtbaar is. In de komende paragraaf willen we een model opbouwen waarmee inzicht verkregen kan worden in het verschil tussen de decentrale en centrale planningsmethode. Deze twee methodes willen we graag vergelijken op basis van de verwachte toetredingstijden. Kortom, wat is het verschil tussen de centrale en decentrale manier van plannen met betrekking tot toetredingstijden voor onderzoeken? Om hierop antwoord te kunnen geven hoeven we geen exacte benadering te verkrijgen van de toetredingstijden, zoals in 9.4, maar is een globaal inzicht in de orde van grootte van het verschil voldoende om deze vergelijking te kunnen maken.

9.5.1 Abstracte modelering

We passen in dit model een tijdsschaal aanpassing toe en kijken daarbij niet naar wat er precies in het tijdsbestek van één dag of uur gebeurt, maar naar een tijdsbestek van een grotere periode van bijvoorbeeld een week. Het verwachte aantal onderzoeken per type dat per week kan worden verwerkt is door gebruik te maken van de openingsplanningen te bepalen.

In plaats van de definitie dat de verwachte onderzoeksduur van een onderzoek bijvoorbeeld 30 minuten is, passen we de tijdsschaal aan en definiëren we in dit model de verwachte onderzoeksduur in weken. Er wordt hierbij geen rekening gehouden met scankamers, precieze openingstijden, uitloop, uitval, weekenden en dergelijke. Kortom, er wordt afgezien van alle details. Stel er kunnen tijdens een week 10 onderzoeken van type X worden verwerkt, dan is de verwachte onderzoeksduur van type X dus $1/10 = 0,10$ weken. De eerder genoemde details zijn niet van groot belang als toetredingstijden in de orde van grote liggen van weken. Het aantal onderzoeken wat per week kan worden verwerkt en daarmee de onderzoeksduur in weken blijft gelijk. Is de toetredingstijd in de orde van enkele dagen dan spelen deze details wel een grote rol, omdat deze details ervoor zorgen of een onderzoek nog “vandaag of morgen” verwerkt kan worden. Het gemiddelde aantal onderzoeksaanvragen per week kan op eenzelfde manier worden bepaald.

Als week gebruiken we geen normale week met 7 volledige dagen. Van een week met 7 dagen wordt in werkelijkheid enkel op werkdagen gedurende enkele uren per dag gewerkt (zie de openingsplanning). Bij de berekening van de verwachte onderzoeksduren per week wordt hiermee rekening gehouden. Als week beschouwen we enkel de totale tijd dat de onderzoeksafdeling daadwerkelijk werkt. De avonden, nachten en weekenden worden daarom niet meegenomen in een week. In werkelijkheid geldt ook voor onderzoeksaanvragen dat deze enkel gedurende de werkuren van de onderzoeksafdeling kunnen plaatsvinden. Bij het specificeren van het gemiddelde aantal onderzoeksvragen per week veronderstellen we dan ook dezelfde, versimpelde of samengevatte, week.

In dit model veronderstellen we dat onderzoeken continu achterelkaar uitgevoerd kunnen worden en dat onderzoeken na aanvraag op een wachtlijst gezet worden. De onderzoeken worden in volgorde van aankomst (First-In-First-Out) afgehandeld. Alle onderzoeken worden daarbij dus niet ingepland op een bepaald tijdstip, maar worden direct achterelkaar uitgevoerd. We definiëren B als de verdeling van de onderzoeksduur van onderzoeken in weken. Het aantal onderzoeksaanvragen wat per week arriveert, is verdeeld met verdeling A .

In deze abstracte mathematische modelering wordt gebruikt gemaakt van de in wachttijdtheorie bekende term “wachttijd”. Door de veronderstellingen in dit model komt deze wachttijd overeen met de in werkelijkheid gebruikte toetredingstijd. Deze laatste benaming zullen we verder gebruiken.

9.5.2 M/G/1 wachtrijstelsysteem

In werkelijkheid is geen sprake van vaste aankomsttijden en beginnen en eindigen onderzoeken ook nooit op exacte vaste momenten. Zoals eerder in 8.3.1 beschreven, is het aankomstproces A te modelleren als een Poisson proces. Een goede stochastische modelering van de onderzoekstijden B is op basis van bijvoorbeeld een exponentiele verdeling. Een M/G/1 wachtrijstelsysteem heeft de eigenschap dat de verwachte toetredingstijd enkel afhangt van de eerste twee momenten van de bedieningsduur, en niet van de precieze verdeling van de bedieningsduur [Adan, 2002]. Een M/G/1 wachtrijstelsysteem is daarom een goede modelering voor de centrale planningsmethode.

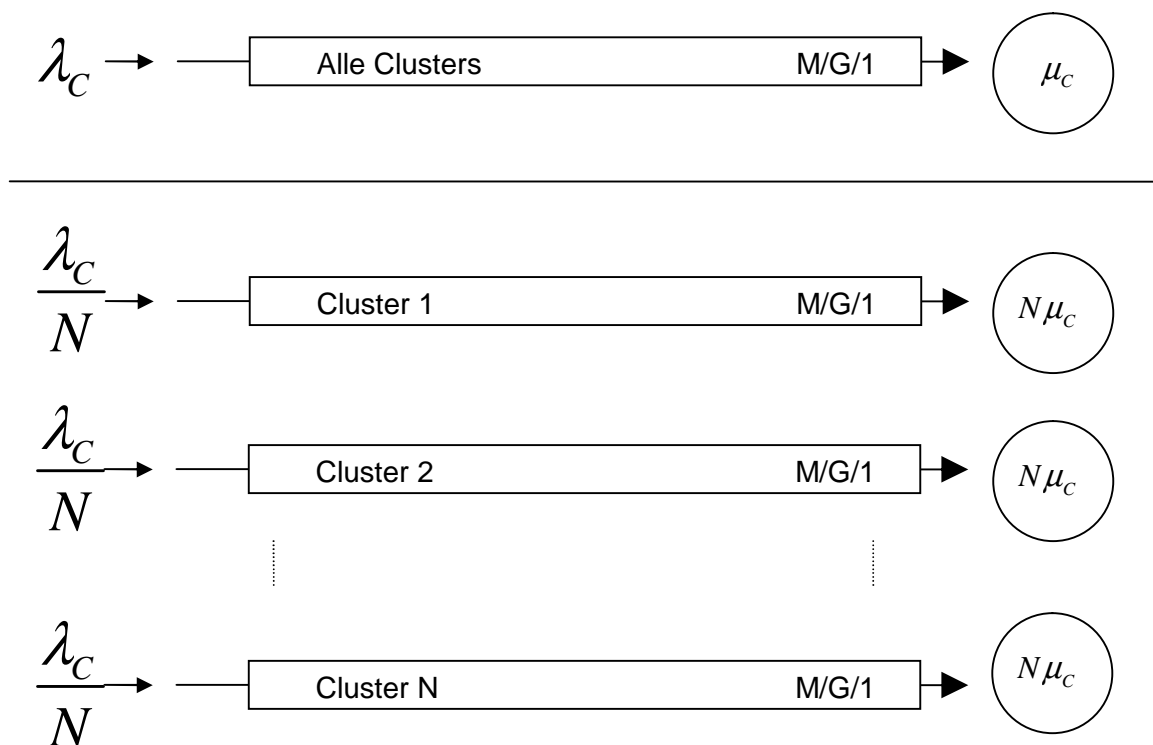
Zoals in 9.1 is besproken wordt bij een decentrale planningsmethode voor elke cluster een aparte wachtrij gehanteerd. Deze decentrale planningsmethode kan worden gemodelleerd als N parallelle M/G/1 wachtrijstelsystemen, waarbij N het aantal clusters is. Elke cluster krijgt een vast deel van de totale scancapaciteit toegewezen. Veronderstel dat elke cluster $1/N$ deel van de totale scancapaciteit krijgt toegewezen. Doordat de scancapaciteit van de cluster hierdoor een factor N kleiner wordt kan de cluster een factor N minder onderzoeken per week verwerken dan in de centrale situatie. Omdat de cluster nu een factor N minder onderzoeken kan verwerken neemt de onderzoeksduur in weken met een factor N toe.

Stel in de centrale situatie konden er 10 onderzoeken van een onderzoek behorende bij een cluster X per week worden verwerkt. De verwachte onderzoeksduur is daardoor 0,10 weken. Stel er zijn 5 clusters en de scancapaciteit wordt in de decentrale situatie in vijven gedeeld. Voor cluster X blijft er nog maar $1/5$ deel van de scancapaciteit over. Cluster X kan hierdoor een factor 5 minder onderzoeken per week uitvoeren. Of, anders gesteld, de cluster heeft een 5 keer zolang tijd nodig om hetzelfde aantal onderzoeken uit te kunnen voeren dan voor de capaciteitsbeperking. De onderzoeksduur wordt daarom in plaats van 0,10 weken nu 0,10 maal 5 is 0,50 weken.

In Figuur 9-1 is het M/G/1 model schematisch weergegeven. Bovenin de figuur is het centrale model weergegeven. Dit model bestaat uit een M/G/1 wachtrij waarbij alle onderzoeksaanvragen arriveren volgens een Poisson proces met aankomst rate λ_c onderzoeken per week. Er is dus één wachtrij voor alle type onderzoeken en clusters.

Onderzoeken worden direct in volgorde van aankomst achter elkaar uitgevoerd. Er kan één onderzoek tegelijkertijd worden uitgevoerd, waarbij de verwachte onderzoekstijd $E(B)$ wordt gegeven door μ_c . Er moet gelden voor stabiliteit dat de bezetting $\rho = \lambda_c \mu_c < 1$.

Onder het beschreven centrale model is het decentrale model weergegeven. In dit model wordt elke cluster gemodelleerd door een aparte M/G/1 wachtrij. Elk van deze wachtrijen heeft dus een apart Poisson aankomstproces voor de onderzoeksaanvragen. In dit model wordt verondersteld dat de aankomstrate voor onderzoeksaanvragen voor elke cluster gelijk is. De verwachte onderzoeksduur van elk decentraal wachtrijstelsel is nu $N\mu_c$, omdat het maar $1/N$ deel van de totale capaciteit krijgt toegewezen. Door deze capaciteitsbeperking kunnen er immers een factor N minder onderzoeken per week worden afgehandeld per cluster.



Figuur 9-3 Modelering Centraal v.s. Decentraal

Toetredingstijd

Laat $E(R)$ de verwachte residuele onderzoekstijd zijn van een willekeurig onderzoek. De verwachte toetredingstijd wordt dan gegeven door [Adan, 2002]:

$$E(W) = \frac{\rho E(R)}{1 - \rho} \tag{1.1}$$

Hierbij geldt $\rho = \lambda E(B)$ en $E(R) = \frac{E(B^2)}{2E(B)} = \frac{\sigma_B^2 + E(B)^2}{2E(B)}$. Hierbij is σ_B^2 de variantie van de onderzoeksduur B.

Voor het centrale model geeft dit:

$$E(W_{Centraal}) = \frac{\lambda_C \mu_C}{1 - \lambda_C \mu_C} \cdot \frac{\sigma_B^2 + \mu_C^2}{2\mu_C} = \frac{1}{2} \frac{\lambda_C (\sigma_B^2 + \mu_C^2)}{1 - \lambda_C \mu_C} \quad (1.2)$$

Als we in plaats van de variantie de variabiliteit $c_B = \frac{\sigma_B}{\mu_C}$ van de onderzoeksduur gebruiken, dan kan de verwachte toetredingstijd worden gegeven door:

$$E(W_{Centraal}) = \frac{1}{2} \frac{\lambda_C \mu_C^2 (c_B^2 + 1)}{1 - \lambda_C \mu_C} \quad (1.3)$$

Voor elk van de clusters in de decentrale situatie geeft dit:

$$E(W_{Decentraal}) = \frac{\lambda_C \mu_C}{1 - \lambda_C \mu_C} \cdot \frac{N^2 \sigma_B^2 + (N \mu_C)^2}{2N \mu_C} = \frac{1}{2} \frac{\lambda_C (N^2 \sigma_B^2 + (N \mu_C)^2)}{(1 - \lambda_C \mu_C) N} = \frac{1}{2} \frac{\lambda_C N \mu_C^2 (c_B^2 + 1)}{1 - \lambda_C \mu_C} \quad (1.4)$$

Uit bovenstaande vergelijkingen kunnen we de factor bepalen waarmee de toetredingstijd van een wachtrij in de decentrale situatie groter is dan de toetredingstijd in de centrale wachtrij:

$$\frac{E(W_{Decentraal})}{E(W_{Centraal})} = \frac{\frac{1}{2} \frac{\lambda_C (N^2 \sigma_B^2 + (N \mu_C)^2)}{(1 - \lambda_C \mu_C) N}}{\frac{1}{2} \frac{\lambda_C (\sigma_B^2 + \mu_C^2)}{1 - \lambda_C \mu_C}} = \frac{N^2 (\sigma_B^2 + \mu_C^2)}{N (\sigma_B^2 + \mu_C^2)} = N \quad (1.5)$$

We kunnen hieruit concluderen dat de toetredingstijd van een decentrale cluster een factor N keer zo lang is als in de centrale situatie.

9.5.3 Model versus realiteit

Zoals al eerder aangegeven is het in bovenstaande paragraaf voorgestelde model een zeer abstract model om een basale vergelijking te kunnen maken tussen de centrale en decentrale methode. In de volgende paragraaf gaan we van enkele belangrijke aspecten na in hoeverre deze van invloed zijn op het verschil in toetredingstijd tussen decentraal en centraal plannen.

Klinische en spoed onderzoeken

De modelering zoals is voorgesteld geldt enkel voor poliklinische onderzoeken. Zoals in 7.2 is beschreven worden in de huidige situatie poliklinische onderzoeken via een wachtlijst verwerkt en in timeframes aan het begin van elke dag afgehandeld. Hierbij worden zoveel mogelijk dezelfde type onderzoeken bij elkaar geclusterd. Voor klinische onderzoeken geldt geen of een zeer kleine wachtrij en deze onderzoeken worden aan het eind van een dag

afgehandeld, of bij eventuele no-show op de plek van een poliklinisch onderzoek. Op grotendeels de zelfde wijze worden ook alle spoed en semi-spoed onderzoeken ingepland. Voor klinische en spoed onderzoeken wordt dus ruimte vrijgehouden en er dient dan ook een juiste inschatting te worden gemaakt van de benodigde ruimte in de dagplanning om deze onderzoeken op tijd af te kunnen handelen.

Bij een decentrale planning dient er ook, net als bij de centrale planning, ruimte te zijn in de dagplanning om deze onderzoeken binnen een snelle termijn af te kunnen handelen. Er net als in de huidige centrale situatie een vaste ruimte in de dagplanning aan het einde van de dag voor de klinische en spoed onderzoeken worden gerealiseerd. In dit geval worden deze onderzoeken op precies dezelfde manier ingepland en afgehandeld als in de centrale situatie en daarom kunnen we deze onderzoeken bij de vergelijking tussen centraal en decentraal in dit geval buiten beschouwing laten.

Aankomsttijden

In de hier beschreven modelering zijn patiënten direct beschikbaar voor onderzoek. Zoals in 7.3 is beschreven wordt er bij JBZ veel gedaan om ervoor te zorgen dat patiënten op tijd aanwezig zijn voor hun onderzoek. Toch komt het een enkele keer voor dat patiënten te laat aanwezig zijn, waardoor onderzoekscapaciteit verloren gaat. Het te laat aanwezig zijn en de wijze hoe hier mee om wordt gesprongen door de MRI planning is in zowel de centrale als decentrale situatie gelijk. Voor een vergelijking tussen centraal en decentraal hoeft dit aspect daarom niet te worden gemodelleerd.

Acceptatiekansen

Acceptatiekansen zijn in dit model niet meegenomen. Onderzoeksaanvragen worden direct op volgorde van aankomst in de wachtrij gezet, of anders geformuleerd de wachtrijdiscipline is First-In-First-Out (FIFO). In werkelijkheid kunnen patiënten niet direct worden onderzocht en dient er onder andere rekening gehouden te worden met de agenda van patiënt. Er is dan geen sprake van FIFO. De in dit model gebruikte M/G/1 wachtrij heeft echter als eigenschap dat de verwachte toegangstijden in deze situatie onafhankelijk zijn van de gebruikte wachtrijdiscipline [Adan, 2002]. Hierdoor vormt de FIFO aanname voor dit vergelijkingsonderzoek geen belemmering.

No-Shows

De invloed van no-shows, zie 8.3, is bij zowel de centrale als decentrale methode gelijk, en heeft dus geen impact op de vergelijking.

Omsteltijden

De onderzoeken die vanuit een cluster worden aangevraagd zijn niet allemaal van hetzelfde type. Elke cluster heeft een andere mix aan onderzoeken. Er zijn clusters met een zeer homogene mix bestaande uit zeer gelijke type onderzoeken, terwijl er ook enkele clusters met een heterogenere mix zijn. In de huidige centrale planning wordt er niet per

cluster gepland maar worden dezelfde type onderzoeken bij elkaar geclusterd. Door een zeer goede werkaanpak van de MRI afdeling, zie 7.3, zijn omsteltijden daardoor bijna te verwaarlozen, vooral bij een reeks van dezelfde type onderzoeken. Bij decentrale planning worden onderzoeken niet meer geclusterd, waardoor omsteltijden van groter belang worden. Bij homogene clusters is er geen verschil met betrekking tot omsteltijden in vergelijking met de centrale situatie. Bij de enkele cluster met een heterogene mix spelen omsteltijden wel een rol. In de centrale situatie is er in de planning ruimte opgenomen om 'aparte' heterogene, niet bij andere onderzoeken passende, onderzoeken gegroepeerd uit te kunnen voeren. In de decentrale planning is dit niet het geval en spelen omsteltijden een rol. De centrale planning is in dit opzicht beter dan de decentrale planning. Het effect van omsteltijden is niet meegenomen in de vergelijking.

Slimme herplanning

Zoals in 7.3 is beschreven vindt er een doordachte continue dagplanning bewaking plaats door de MRI afdeling en laboranten, zodat de scancapaciteit optimaal wordt gebruikt. Deze bewaking zorgt voor snelle herplanning, wisseling van onderzoeken en opvulling van leeg gekomen scancapaciteit. Als de MRI afdeling de planning bij decentrale planning zeer strikt uit handen geeft aan de clusters en geen continue dagplanning bewaking meer uitvoert, zullen toetredingstijden toenemen ten opzichte van de centrale situatie, aangezien de scancapaciteit hierdoor afneemt. De MRI afdeling kan deze bewaking, ondanks de decentrale planning, ook gewoon blijven uitvoeren zodat er in beide situaties bewaking is waardoor dit geen effect op de vergelijking tussen decentraal en centraal heeft. Het blijft hierbij natuurlijk niet mogelijk om nieuwe patiënten op te roepen die niet ingepland stonden voor die dag.

Aankomstproces

In dit vergelijkingsmodel veronderstellen we dat aanvragen van onderzoeken arriveren volgens een Poissonproces. Voor het gemak hebben alle clusters in dit model een gelijke aankomstrate (gemiddeld aantal aanvragen per week) en beschikbare onderzoekscapaciteit. In werkelijkheid is het gemiddelde aantal aankomsten per tijdseenheid en de beschikbare toegewezen onderzoekscapaciteit in de decentrale situatie natuurlijk per cluster verschillend. Er zijn clusters met een groot volume aanvragen en clusters zijn met juist een veel kleiner volume. De onderzoekscapaciteit (en daarmee de grootte van de wachtlijst) die elke cluster toegewezen krijgt is een management/budget kwestie. Het aantal aanvragen en de toegewezen onderzoekscapaciteit bepalen samen grotendeels de toetredingstijd. Om een juiste vergelijking tussen decentraal en centraal te kunnen maken is de veronderstelling dat alle clusters gelijke onderzoekscapaciteit en aankomsten hebben niet juist. In de volgende paragraaf zal een oplossing worden geboden.

9.5.4 M/G/1 wachtrijsysteem met variabele onderzoeksaanvragen

Het is mogelijk in het voorgaande model uit 9.5.2 de veronderstelling voor gelijke aankomstrates te laten vervallen en het model iets aan te passen.

Definieer λ_i als het gemiddelde aantal onderzoeksaanvragen per week van cluster i , en λ_c het totale aantal aanvragen per week over alle clusters. Veronderstel dat elke cluster i in plaats van een N -de deel van het totale aantal aanvragen nu een fractie α_i van het totale aantal aanvragen λ_c te verwerken krijgt. Als we nu de extra veronderstellingen maken dat de bezetting ρ_i voor elke cluster gelijk is (kortom $\rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_N$), en de onderzoekscapaciteit wordt verdeeld onder de clusters naar ratio van α_i , dan volgt uit het model de verwachte toetredingstijd in de decentrale situatie voor elke cluster i :

$$E(W_{Decentraal}(i)) = \frac{1}{\alpha_i} E(W_{Centraal}) \quad (1.6)$$

9.5.5 M/G/1 wachtrijsysteem met variabele clusters

In het M/G/1 wachtrijsysteem van de vorige paragrafen hebben de onderzoeken van alle clusters dezelfde kenmerken. De beschikbare onderzoekscapaciteit is direct gerelateerd aan de benodigde onderzoeksduur. De meeste MRI onderzoeken duren 30, 45 of 60 minuten. Voor langere onderzoeken is meer onderzoekscapaciteit benodigd dan voor korte onderzoeken. Daardoor kunnen er met dezelfde hoeveelheid beschikbare onderzoekscapaciteit niet evenveel onderzoeken worden afgehandeld. De onderzoeksduur is dus van belang voor de wachttijd en doorlooptijd. De aanname dat alle onderzoeken even groot zijn is voor de vergelijking tussen centraal of decentraal geen bezwaar. Het is enkel niet reëel om deze aanname te gebruiken om in te zien wat er gebeurt met clusters die een afwijkende onderzoeksduur hebben en als de onderzoekscapaciteit niet op een gelijke wijze wordt toegewezen aan elke cluster.

We passen om bovenstaande redenen het voorgaande aan zodat het rekening houdt met de variabele onderzoeksduren en toegewezen capaciteit van elke cluster. Bij het M/G/1 model voor de centrale planning hoeven we het model zelf niet aan te passen. Aangezien voor de verwachte wachttijd en doorlooptijd enkel de verwachting en de varantie van de onderzoeksduur nodig is, biedt het huidige model al de mogelijkheid om de variatie in onderzoekstijden toe te passen.

Centraal

Stel er zijn in totaal N clusters en elk onderzoek in cluster i heeft een verwachte onderzoeksduur μ_i en variantie σ_i^2 . Het aantal aangevraagde onderzoeken als percentage van het totale aantal aangevraagde onderzoeken definiëren we per cluster door α_i . Definieer λ_i als het gemiddelde aantal onderzoeksaanvragen per tijdseenheid van cluster i , en λ_c het totale aantal aanvragen per week over alle clusters. De verwachte

onderzoeksduur in de centrale situatie wordt nu gegeven door $\mu_C = \sum_{i=1}^N \alpha_i \mu_i$ en de variantie

$$\text{door } \sigma_C^2 = \sum_{i=1}^N \alpha_i (\sigma_i^2 + (\mu_i - \mu_C)^2).$$

De verwachte toetredingstijd wordt gegeven zoals in het vorige model (met N identieke clusters) is gedefinieerd (1.2), maar nu met de parameters aangepast zoals hier beschreven.

Decentraal

Voor het decentrale model dienen de parameters ook te worden aangepast om de variabele onderzoeksduren en ongelijke capaciteitstoewijzing toe te kunnen passen. We veronderstellen dat elke cluster i een deel van de totale onderzoekscapaciteit krijgt toegewezen zodanig dat dit deel overeenkomt met de capaciteitsbehoefte b_i van de cluster.

De capaciteitsbehoefte van een cluster is de fractie benodigde onderzoekscapaciteit van de totaal beschikbare onderzoekscapaciteit. Deze capaciteitsbehoefte voor cluster i wordt gegeven door:

$$\beta_i = \frac{\lambda_i \mu_i}{\sum_{j=1}^N \lambda_j \mu_j} \quad (1.7)$$

Hierbij geldt dus $\sum_{i=1}^N \beta_i = 1$. Deze manier van capaciteitstoewijzing is de meest objectieve en eerlijke capaciteitsverdeling. De aangepaste verwachte onderzoeksduur van elke wachtrij wordt daarom nu: $\tilde{\mu}_i = \beta_i^{-1} \mu_i$. De variantie van de onderzoeksduren wordt gegeven door $\tilde{\sigma}_i^2 = \beta_i^{-2} \sigma_i^2$. Het gemiddelde aantal aankomsten van het Poisson proces van elke decentrale M/G/1 wachtrij is in plaats van λ_C / N , zoals in het vorige model, nu λ_i . Voor elk van de clusters in de decentrale situatie wordt de verwachte toetredingstijd nu gegeven door:

$$E(W_{\text{Decentraal}}(i)) = \frac{\lambda_i \beta_i^{-1} \mu_i}{1 - \lambda_i \beta_i^{-1} \mu_i} \cdot \frac{\beta_i^{-2} \sigma_i^2 + (\beta_i^{-1} \mu_i)^2}{2 \beta_i^{-1} \mu_i} = \frac{1}{2} \frac{\lambda_i (\sigma_i^2 + \mu_i^2)}{\beta_i (\beta_i - \lambda_i \mu_i)} \quad (1.8)$$

Hierbij moet worden opgemerkt dat voor stabiliteit van de toetredingstijd voor een cluster moet gelden dat $\lambda_i \mu_i < \beta_i$. Als deze waarden niet aan deze stabiliteitsvergelijking voldoen dan zal de toetredingstijd oneindig groeien.

Als we in plaats van de variantie de variabiliteit $c_{B_i} = \frac{\sigma_i}{\mu_i}$ van de onderzoeksduur voor elke cluster gebruiken, dan kan de verwachte toetredingstijd voor cluster i worden gegeven door:

$$E(W_{Decentraal}(i)) = \frac{1}{2} \frac{\lambda_i(\sigma_i^2 + \mu_i^2)}{\beta_i(\beta_i - \lambda_i\mu_i)} = \frac{1}{2} \frac{\lambda_i\mu_i^2(c_{B_i}^2 + 1)}{\beta_i(\beta_i - \lambda_i\mu_i)} = \frac{\alpha_i\mu_i^2(1 - \lambda_c\mu_c)}{\mu_c^2\beta_i(\beta_i - \alpha_i\lambda_c\mu_i)} \cdot \frac{(c_{B_i}^2 + 1)}{(c_B^2 + 1)} \cdot E(W_{Centraal}) \quad (1.9)$$

Ook bij bovenstaande verwachte toetredingstijd geldt de stabiliteitsvergelijking.

Uit bovenstaande vergelijking kan worden ingezien dat vooral voor clusters met een kleine capaciteitsbehoefte een decentrale planmethode relatief nog nadeliger is ten opzichte van clusters met een grote capaciteitsbehoefte.

9.5.6 Voorbeeld clusters capaciteitstoewijzing

We passen bovenstaand model toe op enkele praktijkgegevens van JBZ, om een indicatie van de impact van de invoering van decentrale planning op de verwachte toetredingstijd te kunnen laten zien bij ongelijke clusters. We geven drie voorbeelden: eerst een voorbeeld waarbij alle onderzoeken een relatief lage variabiliteit hebben, vervolgens met hogere variabiliteit en tot slot een voorbeeld waarbij de capaciteit “oneerlijk” is verdeeld.

We gebruiken de eerste 7 poliklinisch reguliere onderzoeksgroepen zoals deze in bijlage ‘Bijlage C: Vergelijkingsonderzoek’ vermeld zijn, en beschouwen elke onderzoeksgroep als één cluster. Verder veronderstellen we dat er een totale onderzoekscapaciteit is van 30 uur per week, en gebruiken de onderzoeksduren zoals deze ook in de bijlage zijn vermeld. In de bijlage “patientgroepen” staat onder “onderzoekverdeling” de bij de cluster behorende α_i waarde (percentage onderzoekaanvragen van totaal). We gaan er verder van uit dat de onderzoekscapaciteit/bezetting zeer hoog is: $\rho = 99\%$. Deze veronderstelling is bij JBZ zeer realistisch. We kunnen nu via $\rho = \lambda_c\mu_c$ het totale aantal onderzoeken per week bepalen zodanig dat deze bezetting in de centrale situatie gehaald wordt. Het verwachte totale aantal onderzoeken per week is dan $\lambda_c = 53,56$.

Lage variabiliteit

We laten eerst zien wat voor impact een decentrale planmethode heeft op toetredingstijden als de variabiliteit binnen alle clusters erg klein is. Voor de eenvoud veronderstellen we dat alle onderzoeken een gelijke lage variabiliteit hebben van $c_{B_i} = 0,030$.

De verwachte toetredingstijd per onderzoek in de centrale situatie is nu via (1.3) te bepalen: $E(W) = 0,91$ weken. De verwachte toetredingstijd voor elk van de 7 clusters wordt in de decentrale situatie, door gebruik te maken van (1.9), geven in onderstaand figuur. In onderstaand figuur zijn achtereenvolgens de volgende waarden weergegeven per cluster:

λ_i : aantal onderzoeksaanvragen per week van cluster i

α_i : percentage onderzoeksaanvragen, van het totale aantal aanvragen over alle clusters, van cluster i

β_i : capaciteitsbehoefte van cluster i

τ_i : toegewezen percentage capaciteit aan cluster i

c_{B_i} : variabiliteit van de onderzoeken uit cluster i

μ_i : gemiddelde onderzoeksduur van de onderzoeken uit cluster i

$E(W(i))$: verwachte decentrale toetredingstijd in weken van cluster i

Uit de onderstaande resultaten is te zien dat in deze decentrale situatie de toetredingstijden voor elke cluster aanzienlijk toenemen, ondanks dat de variabiliteit van de onderzoeksduren nog beperkt is. Tevens is te zien dat door de manier waarop de clustergrootte is toegewezen vooral clusters met een lage capaciteitsbehoefte (bijvoorbeeld cluster 3, 5 en 6) een relatief langere wachttijd krijgen.

Cluster	λ_i (#/week)	α_i (%)	β_i (%)	τ_i (%)	c_{B_i}	μ_i (week)	$E(W(i))$ (weken)
1	13,2729	0,2478	0,1862	0,1862	0,0300	0,0139	3,66
2	5,9129	0,1104	0,0830	0,0830	0,0300	0,0139	8,22
3	1,8530	0,0346	0,0260	0,0260	0,0300	0,0139	26,24
4	16,2710	0,3038	0,2283	0,2283	0,0300	0,0139	2,99
5	1,9363	0,0362	0,0435	0,0435	0,0300	0,0222	25,11
6	1,0410	0,0194	0,0234	0,0234	0,0300	0,0222	46,71
7	13,2729	0,2478	0,4097	0,4097	0,0300	0,0306	3,66

Figuur 9-4 Toetredingstijd decentrale clusters

Hogere variabiliteit

We laten nu zien wat voor impact een decentrale planmethode heeft op toetredingstijden als de variabiliteit binnen de clusters verschilt en in sommige clusters groter is dan in andere clusters. We gebruiken de voor de variabiliteit de waarden zoals vermeldt in

onderstaand figuur. De verwachte toetredingstijd per onderzoek in de centrale situatie is nu via (1.3) te bepalen en blijft ongeveer gelijk aan de vorige situatie ($E(W) = 0,91$ weken).

De verwachte toetredingstijd voor elk van de 7 clusters wordt in deze nieuwe situatie, door gebruik te maken van (1.9), geven in onderstaand figuur.

Uit de onderstaande resultaten is te zien dat in de decentrale situatie de toetredingstijden, voor elke cluster die ten opzichte van de vorige situatie nu een relatief hoge variabiliteit hebben gekregen, toenemen ten opzichte van de vorige situatie met een lagere variabiliteit (bijvoorbeeld cluster 4,6 en 7).

Cluster	λ_i (#/week)	α_i (%)	β_i (%)	τ_i (%)	c_{B_i}	μ_i (week)	$E(W(i))$ (weken)
1	13,2729	0,2478	0,1862	0,1862	0,0400	0,0139	3,67
2	5,9129	0,1104	0,0830	0,0830	0,0400	0,0139	8,23
3	1,8530	0,0346	0,0260	0,0260	0,0400	0,0139	26,26
4	16,2710	0,3038	0,2283	0,2283	0,4800	0,0139	3,67
5	1,9363	0,0362	0,0435	0,0435	0,0250	0,0222	25,10
6	1,0410	0,0194	0,0234	0,0234	0,2500	0,0222	49,58
7	13,2729	0,2478	0,4097	0,4097	0,2727	0,0306	3,93

Figuur 9-5 Toetredingstijd decentrale clusters

Onerlijke capaciteitsverdeling

In de bovenstaande twee voorbeelden is gebruik gemaakt van de voorgestelde “eerlijke” capaciteitsverdeling op basis van de capaciteitsbehoefte van elke cluster. We passen bovenstaand voorbeeld aan en verlagen de toegewezen capaciteit τ_1 van cluster 1 een heel klein beetje met 0,001824, zodat deze cluster iets minder capaciteit krijgt toegewezen dan de cluster eigenlijk in een eerlijke situatie toekomt. Cluster 1 komt er bij de nieuwe capaciteitstoewijzing dus “karig” vanaf. De afgenomen capaciteit van cluster 1 geven we aan cluster 4. Bij cluster 4 passen we de capaciteitsbehoefte dus precies andersom aan, zodat deze cluster juist ietsje meer capaciteit krijgt toegewezen dan waar de cluster in een “eerlijke” situatie recht op heeft.

Cluster	λ_i (#/week)	α_i (%)	β_i (%)	τ_i (%)	c_{B_i}	μ_i (week)	E(W(i)) (weken)
1	13,2729	0,2478	0,1862	0,1844	0,0400	0,0139	127,21
2	5,9129	0,1104	0,0830	0,0830	0,0400	0,0139	8,23
3	1,8530	0,0346	0,0260	0,0260	0,0400	0,0139	26,26
4	16,2710	0,3038	0,2283	0,2301	0,4800	0,0139	2,03
5	1,9363	0,0362	0,0435	0,0435	0,0250	0,0222	25,10
6	1,0410	0,0194	0,0234	0,0234	0,2500	0,0222	49,58
7	13,2729	0,2478	0,4097	0,4097	0,2727	0,0306	3,93

Figuur 9-6 Toetredingstijd decentrale clusters

In bovenstaand figuur is te zien welke verwachte gevolgen dit heeft voor de toetredingstijd. Door de zeer kleine beperking van de toegewezen capaciteit voor cluster 1 zal de toetredingstijd zeer sterk stijgen van 3,7 naar 127 weken! Hieruit is te zien dat een zeer kleine verlaging van de toegewezen capaciteit al snel tot hoge toetredingstijden of voor onstabiliteit zal zorgen. Bij cluster 4 is te zien dat de verhoging van de toegewezen capaciteit er voor heeft gezorgd dat de wachttijd is afgenomen van 3,7 naar 2,0 weken. Deze verlaging van de toetredingstijd is ten opzichte van de enorme toename bij cluster 1 erg klein.

9.5.7 Conclusie

We hebben in deze paragraaf elementaire wachtrij modellen beschreven waarmee een vergelijking gemaakt kan worden in termen van toetredingstijden tussen centrale en decentrale planning. Uit deze vergelijking blijkt dat, met de veronderstellingen zoals in deze paragraaf gemaakt, een decentrale planning langere toetredingstijden oplevert dan een centrale planningsmethode. Hierbij zijn de negatieve effecten van omsteltijden bij decentrale planning nog niet meegenomen. Vooral voor de kleinere clusters zal de verwachte toetredingstijd aanzienlijk toenemen. Bovendien is er laten zien wat het (negatieve) effect kan zijn van ongelijke “oneerlijke” capaciteitstoewijzing, en daarmee is de moeilijkheid aangegeven van de deze toewijzing. Een kleine capaciteit inschattingfout zal leiden tot zeer lange toetredingstijden, zonder dat de clusters waarvoor deze inschattingfout voordelig is er veel profijt van hebben. Het extra probleem van capaciteitstoewijzing geïntroduceerd door decentrale planning is erg precair. Voor eventueel toekomstig onderzoek is nader onderzoek omtrent het effect van de methodes waarop capaciteit toegewezen wordt aan clusters in een decentrale planning op toetredingstijden daarom raadzaam.

9.6 Conclusie

Het centrale simulatieprogramma is aangepast zodat het programma een indicatie kan geven van het inplannen van onderzoeken bij MRI via een decentrale methode. Er is via simulatie een vergelijking gemaakt tussen de centrale planningsmethode en de decentrale planningsmethode. Uit deze specifieke simulatie blijkt dat bij de decentrale methode de capaciteitsbenutting van de scankamers enkele procenten lager ligt. Deze conclusie kan niet worden onderbouwd omdat de vergelijkings simulatie niet juist gevalideerd kan worden. Een tweede eenvoudiger mathematisch model is daarom ontworpen en geeft een goede indicatie dat een decentrale planning de toetredingstijd zal doen toenemen in vergelijking tot een centrale planning. Daarnaast laat dit model ook de effecten van variabiliteit van onderzoeken zien. Tot slot blijkt dat een juiste capaciteitstoewijzing heel erg belangrijk, maar ingewikkeld, is om toetredingstijden beheersbaar te houden. Het extra probleem van capaciteitstoewijzing geïntroduceerd door decentrale planning is erg precair.

Het model met de veronderstellingen die in dit onderzoek wordt gebruikt voor de decentrale planning is gebaseerd op veronderstellingen, en biedt daarom enkel een indicatie. Het blijkt dat er veel onduidelijkheid bestaat over de specifieke invulling van een decentrale planmethode. Vooral over enkele problemen die bij invoering van decentrale planning ontstaan is nog niet goed nagedacht. Wegens al deze bevindingen en het in dit hoofdstuk uitgevoerde onderzoek is, zeker zolang er nog geen concrete decentrale planmethode is gespecificeerd, negatief geadviseerd voor eventuele invoering van een decentrale planningsmethode.

Bronvermelding

- Adan, I., Rresing, J., 2002, *Queueing Theory*, Department of Mathematics and Computing Science, Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven.
- Ball, P., 1996, *Introduction to Discrete Event Simulation*, University of Strathclyde, Strathclyde.
- Dirksen, H., 2005, *Planvoorwaarden MRI*, Jeroen Bosch Ziekenhuis, Den Bosch.
- Fishman, G., 1973, *Concepts and Methods in Discrete Digital Simulation*, Wiley, New York.
- Geraedts, H., 2005, *Beeldvormende Technieken en Sneller Beter (en Goedkoper)*, Jeroen Bosch Ziekenhuis, Den Bosch.
- Goor, A.R. van, Ploos van Amstel, M., Ploos van Amstel W., 1999, *Fysieke distributie: denken in toegevoegde waarde*, Stenfert Kroese, Wolters-Noordhoff, Groningen.
- Gunst, M.C.M. de, Vaart, A.W. van der, 2001, *Collegedictaat: Statistische Data Analyse*, Vrije Universiteit, Amsterdam.
- Harn, K. van, Holewijn, P.J., 2000, *Collegedictaat: Inleiding Waarschijnlijkheidsrekening*, Vrije Universiteit, Amsterdam.
- Inspectie voor de Gezondheidszorg, 2005, *Stand van zaken prestatie-indicatoren ziekenhuizen*.
- Kaw, A., Keteltas, M., 2003, *Interpolation: Spline Method*, University of South Florida, Tampa.
- Kelton, W.D., Sadowski, R.P., Sturrock, D.T., 2001, *Simulation with Arena*, McGraw-Hill College, New York.
- Keuning, D., Eppink, D.J., 2000, *Management en Organisatie, Theorie en Toepassing*, Educatieve Partners Nederland, Houten.
- Leemis, L., 2000, *Input Modeling*, Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference.
- Lowery, J.C., 1998, *Getting started in simulation in healthcare*, Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference.
- Peek, T., 2002, *Het gebruik van Visual Basic for Applications in Microsoft Excel*, Vrije Universiteit, Amsterdam.
- Plexus Medical Group, 2002, *Ambulante zorg herinrichten*, Amsterdam.
- Ripley, B., 2005, *R Data Import/Export*, R Project, <http://www.r-project.org>.
- Sargent, R.G., 2003, *Verification and Validation of Simulation Models*, Winter Simulation Conference 2003: p. 37-48, New Orleans.
- Shannon, R.E., 1975, *Systems Simulation: The art and science*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Til, K. P. van, 1999, *Verificatie en Validatie*.
- Tijms, H., 2002, *Operationele analyse*, Epsilon Uitgaven, Utrecht.
- Venables, V.N, Smith, D.M., 2005, *An Introduction to R*, R Project, <http://www.r-project.org>.

- Visser, H.M., Goor, A.R. van, 1999, *Werken met logistiek*, Stenfert Kroese, Wolters-Noordhoff, Groningen.
- Vissers, J.M.H., Vries, G. de, Bertrand, J.W.M., 2001, *Een raamwerk voor productiebesturing van een ziekenhuis gebaseerd op logistieke patiëntgroepen*, In: ACTA Hospitalia 2001-2 p. 33-51.
- Vliet, H. van, 2000, *Software Engineering: Principles and Practice*, Wiley, Chichester.
- Vries, G. de, Hiddema, U.F., 2001, *Management van patiëntenstromen*, Diegem: Bohn Stafleu Van Loghum, Houten.
- Wikipedia, 2005, *Logistiek*, Wikipedia, de vrije encyclopedie, 11:23 16-04-2005
<http://nl.wikipedia.org/w/index.php?title=Logistiek&oldid=5754610>.
- Wikipedia, 2006, *Normale verdeling*, Wikipedia, de vrije encyclopedie, 13:34 12-05-2006
http://nl.wikipedia.org/w/index.php?title=Normale_verdeling&oldid=4638242.
- Wikipedia, 2005, *Visual Basic for Applications*, Wikipedia, de vrije encyclopedie, 15:35 12-05-2006
http://nl.wikipedia.org/w/index.php?title=Visual_Basic_for_Applications&oldid=5025802

Bijlage A: Mathematische methoden

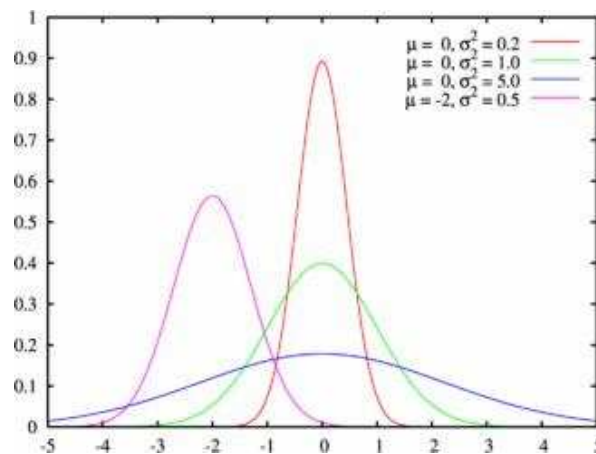
Statistische verdelingen

Normale verdeling

De normale verdeling is een begrip uit de kansrekening. Deze verdeling vindt onder meer toepassing in de statistiek. Het is een continue kansverdeling met een asymptotisch gedrag. De bijbehorende kansdichtheid is hoog in het midden, en wordt naar lage en hoge waarden steeds kleiner zonder ooit echt nul te worden. Door de vorm wordt deze kansdichtheid ook wel klokkromme of Gausscurve genoemd. Ze wordt gegeven door de formule:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$

Hierin komen twee parameters, μ en σ , voor. De normale verdeling wordt wel genoteerd als $N(\mu, \sigma^2)$ -verdeling, wat wil zeggen dat het een normale verdeling is met verwachtingswaarde μ en standaardafwijking σ . De normale verdeling is symmetrisch om het centrum: de verwachtingswaarde μ van de verdeling is het 'middelpunt' van de grafiek van de verdelingsfunctie. De 'breedte' van de grafiek van de kansdichtheid wordt gekarakteriseerd door de standaarddeviatie σ .



Figuur 0-1 Kansdichtheden Normale verdeling

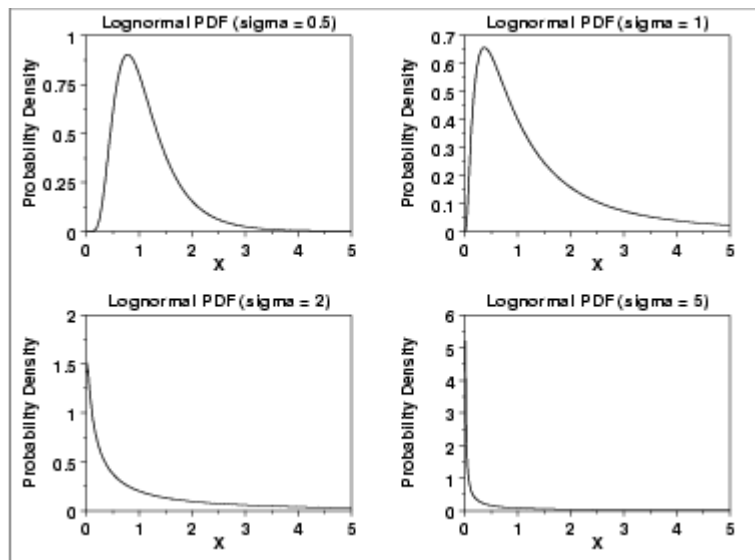
Bron: Wikipedia, 2006, *Normale verdeling*, Wikipedia, de vrije encyclopedie, 13:34 12-05-2006 http://nl.wikipedia.org/w/index.php?title=Normale_verdeling&oldid=4638242.

Log-normale verdeling

De log-normale verdeling is een variant op de normale verdeling. Een variabele X is log-normaal verdeeld als $Y = \ln(X)$. De kansdichtheid wordt gegeven door:

$$f(x) = \frac{e^{-((\ln((x-\theta)/m))^2/(2\sigma^2))}}{(x-\theta)\sigma\sqrt{2\pi}} \quad x \geq \theta; m, \sigma > 0$$

Hier is σ de vorm parameter, θ de locatie parameter, en m de schaal parameter.



Figuur 0-2 Kansdichtheid Log-normale verdelingen

Bron Figuur 0-2: *Engineering Statistics Handbook*

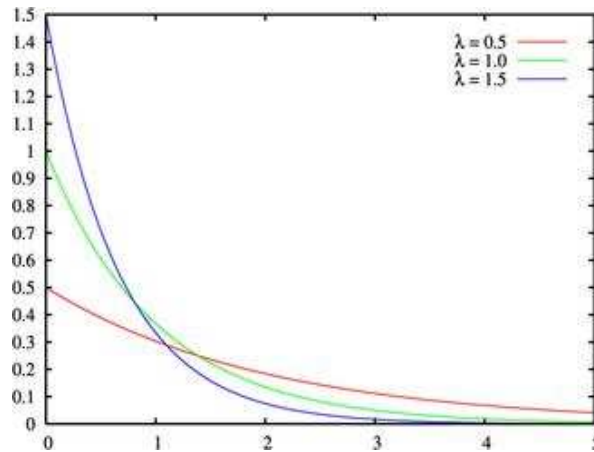
<http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/eda/section3/eda3669.htm>

Exponentiele verdeling

De exponentiele verdeling is een continue kansverdeling die meestal gebruikt wordt voor de modelering van de tijd tussen twee gebeurtenissen. De kansdichtheid van de exponentiele verdeling wordt gegeven door:

$$f(x; \lambda) = \begin{cases} \frac{1}{\lambda} e^{-x/\lambda} & , x \geq 0, \\ 0 & , x < 0. \end{cases}$$

Hierbij is $1/\lambda$ de verwachte tijd tussen twee gebeurtenissen.



Figuur 0-3 Kansdichtheid exponentiele verdeling

Bron Figuur 0-3: *Engineering Statistics Handbook*

<http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/eda/section3/eda3669.htm>

Poisson proces

Het Poisson proces is een stochastisch telproces wat het aantal gebeurtenissen van een bepaald type in de loop van de tijd telt. Een telproces is een Poisson proces als het aan de volgende voorwaarden voldoet [Tijms, 2002]:

- Er vindt altijd maar één gebeurtenis tegelijkertijd plaats
- Het aantal gebeurtenissen binnen disjuncte tijdsintervallen is onafhankelijk van elkaar
- De tijd tussen twee onafhankelijke opeenvolgende gebeurtenissen is exponentieel verdeeld

λ wordt de aankomstintensiteit van het Poisson proces genoemd. Dit is het verwacht aantal gebeurtenissen in een tijdsinterval met vaste lengte. Via de aankomstintensiteit λ is de verwacht tijd tussen twee opvolgende gebeurtenissen te bepalen: $1/\lambda$ (overeenkomend met de verwachting van de exponentiele verdeling).

Kwadratische spline interpolatie

Een spline bestaat uit een curve welke stuksgewijs wordt gedefinieerd door polinomen. Spline interpolatie kan worden gebruikt om een curve door enkele data punten te fitten. Een voordeel van spline interpolatie is de interpolatie fout die relatief klein blijft, ondanks dat er voor het construeren van de spline een lage graad polinoom wordt gebruikt [Kaw, 2003].

Gegeven k punten t_j in het interval $[a, b]$ en bijbehorende y_j waarden waarvoor geldt:

$$t_0 < t_1 < \dots < t_{k-2} < t_{k-1}$$

We zoeken nu een functie $S(x)$ die voldoet aan:

$$S(x) := \begin{cases} S_0(x) & x \in [x_0, x_1] \\ S_1(x) & x \in [x_1, x_2] \\ \vdots & \vdots \\ S_{k-1}(x) & x \in [x_{k-1}, x_k] \end{cases}$$

Elke $S_i(x)$ heeft graad 2. Definieer voor $S_k(x)$:

$$S_i(x) = y_i + z_i(x - x_i) + \frac{z_{i+1} - z_i}{2(x_{i+1} - x_i)}(x - x_i)^2$$

De voorwaarden die aan elke $S_i(x)$ worden gesteld zijn:

- De overgangen tussen elke $S_i(x)$ moet continu zijn
- Voldoet aan de vorm: ax^2+bx+c
- Eerste afgeleide elk punt t_j moet continu zijn

Hieruit volgen de voorwaarden:

$$S_i(x_i) = S_{i+1}(x_i) \quad , \quad i = 0, \dots, k - 1$$

$$S'_i(x_i) = S'_{i+1}(x_i) \quad , \quad i = 0, \dots, k - 1$$

De coëfficiënten z_{i+1} worden dan gegeven door:

$$z_{i+1} = -z_i + 2 \frac{y_{i+1} - y_i}{x_{i+1} - x_i}$$

Bijlage C: Vergelijkingsonderzoek

Voor het vergelijkingsonderzoek zoals beschreven in 9.4 zijn de volgende invoer gegevens gebruikt voor zowel de centrale als de decentrale simulatie.

Zie Tabel 3 voor de eigenschappen van de verschillende patientgroepen, en Tabel 5 voor de bijbehorende gebruikte acceptatiekansen. In Tabel 4 staan de gebruikte onderzoekwaarden, waarbij van de schattingen uit Bijlage D: Data Analyse gebruik is gemaakt. De gebruikte MRI openingsplanning voor de twee scankamers is te vinden in Figuur 0-1 .

In de tabellen Tabel 6, Tabel 7 en Tabel 8 staan de resultaten (verwerkte aanvragen, deadline overschreiding en de bezettingsgraad) vermeld van het simulatieonderzoek met decentrale planning. In de tabellen Tabel 9, Tabel 10 en Tabel 11 staan deze resultaten vermeld voor het simulatieonderzoek met de centrale planning.

In Tabel 12 zijn de toetredingstijden resultaten te vinden van de tweede simulatiemethode voor decentrale planning.

Bijlage D: Data Analyse

Voor data analyse is geprobeerd om de vereiste data te verkrijgen uit de computersystemen van JBZ. Tijdens dit onderzoek blijkt dat er, in tegenstelling tot wat er verwacht is, enkel geaggregeerde data beschikbaar te zijn. Om dit probleem op te lossen is er voor gekozen om zelf metingen te gaan verrichten, of specialisten schattingen te laten maken van de benodigde gegevens.

In deze bijlage zullen de belangrijkste statistische conclusies kort worden beschreven. Via data analyse is na het doen van metingen bepaald: verdeling van onderzoeksduren en de aankomsttijden verdeling van patiënten.

Metingen

Er zijn onderzoekstijd metingen verricht op locatie bij de MRI afdelingen van JBZ. De metingen van de twee dagen (maandag 22 augustus 2005 en woensdag 24 augustus 2005) zijn gebruikt voor data-analyse. Beide dagen zijn volgens de specialisten representatieve dagen. Het betreft twee verschillende dagen van de week en twee verschillende MRI onderzoekskamers. Op de eerste meetdag worden er 16 onderzoeken uitgevoerd (waarvan één no-show). Op de tweede dag worden er 15 onderzoeken uitgevoerd.

Van de uitgevoerde onderzoeken worden de volgende gegevens bijgehouden:

- Gepland:
 - Starttijd: Geplande starttijdstip voor het onderzoek
 - Eindtijd: Geplande eindtijdstip voor het onderzoek
- Gerealiseerde:
 - Starttijd: Gerealiseerde starttijdstip voor het onderzoek
 - Eindtijd: Gerealiseerde eindtijdstip voor het onderzoek
 - Meldtijd: De tijd dat de patiënt zich voor onderzoek meldt

Uit de bovenstaande gegevens worden de volgende gegevens afgeleid:

- Afwijking Duur: Afwijking tussen de geplande en gerealiseerde onderzoeksduur
- Afwijking Meldtijd: Afwijking tussen meldtijd en de afspraaktijd (afspraaaktijd ligt 20 min. voor de geplande starttijd)

Bijlage E: Verificatie en Validatie

In paragraaf 3.4 is een introductie gegeven omtrent de verificatie en validatie stappen die tijdens dit project zijn doorlopen. Deze stappen die, tijdens de modelbouw en implementatie van de simulatiemodellen, zijn uitgevoerd zullen in deze paragraaf uitgebreid worden toegelicht [Till, 1999; Sargent, 2003].

Verificatiestappen

Bij verificatie worden de volgende vier stappen doorlopen:

1. Zijn de juiste invoervariabelen gekozen, en worden deze juist ingelezen in het model?
 - Waar wordt gebruik gemaakt van invoervariabelen?
 - Is de vertaling van een empirische verdeling naar een theoretische kansverdeling juist gemaakt?
 - Worden de kansverdelingen op een juiste manier ingelezen?
2. Is de implementatie van het model correct?
 - Test alle modules / programma onderdelen los van elkaar.
 - Test de integratie van modules / programma onderdelen.
 - Test de werking op speciale gevallen, zoals limieten en uitzonderingen.
 - Doorloop via een trace de flow van de entiteiten en het verloop van de eventlist van het simulatiemodel.
 - Doorloop alle stappen in het model met experts.
 - Bekijk het model doormiddel van visualisatie.
3. Worden de uitvoervariabelen juist berekend?
 - Bekijk de regenrekels in het model.
 - Bekijk of de uitvoer van een enkele entiteit door de gehele loop van het model goed is berekend.
 - Controleer of ruwe uitvoerdata klopt met de verwachte uitvoerdata en berekende grenzen.

- Voor een statistische analyse uit om de correctheid van de uitvoer te testen.

4. Is de experimentele opzet juist?

Bekijk kritisch en controleer:

- de specificatie van invoergegevens
- de interne consistentie van de invoer
- de initiële condities
- de condities voor het uitvoeren van een simulatierun
- de specificatie van de uitvoergegevens
- de eisen aan de opstart of opwarm periode
- de runlengte
- het benodigd aantal simulatieruns

Validatiestappen

Bij validatie moeten de volgende punten aandachtig worden bekeken:

Replicatieve validatie:

- Bepaald of de waarden uit het simulatie model overeenkomen met de werkelijke waarden, eventueel doormiddel van statistische toetsen.

Structurele validatie:

- Doe een groot aantal test-runs.
- De een demonstratie van het model aan experts en laat experts kritiek leveren.
- Discussier over de aannames en de gemaakte keuzes met alle betrokken deelnemers.
- Check het model op inconsistenties.
- Bekijk of het model op de juiste manier reageert als er veranderingen in het model worden aangebracht, of de invoerparameters voor het model veranderen (gevoeligheidsanalyse).

Bron: Til, K. P. van, 1999, *Verificatie en Validatie*.

Bijlage F: Gebruikte Programma's

Rockwell Arena

Als simulatie ontwikkelomgeving is bij dit onderzoek gebruik gemaakt van Rockwell Arena. Rockwell Arena is een geavanceerd visuele discrete event simulatie pakket. Meer informatie is te vinden op de website www.arenasimulation.com. De volgende omschrijving is afkomstig van deze website:

Rockwell Arena is simulation and automation software developed by Rockwell Automation. It uses the SIMAN processor and simulation language.

Arena is extensively used to simulate a company's process, such as a manufacturing plant, to analyze its current performance as well as possible changes that could be made. By accurately simulating a process, a company can see the outcomes of changes without implementing them in real-time, thus saving valuable time and resources.

Arena integrates very well to Microsoft technologies. It includes Visual Basic for Applications so models can be further automated if specific algorithms are needed. It also supports importing Microsoft Visio flowcharts, as well as reading from or outputting to Excel spreadsheets and Access databases.

R

De volgende tekst beschrijft het statistische data analyse pakket R waar bij dit onderzoek gebruik van is gemaakt. De volgende beschrijving is overgenomen van de R website www.r-project.org:

R is a language and environment for statistical computing and graphics. It is a GNU project which is similar to the S language and environment which was developed at Bell Laboratories. R provides a wide variety of statistical (linear and nonlinear modelling, classical statistical tests, time-series analysis, classification, clustering) and graphical techniques, and is highly extensible. The S language is often the vehicle of choice for research in statistical methodology, and R provides an Open Source route to participation in that activity.

One of R's strengths is the ease with which well-designed publication-quality plots can be produced, including mathematical symbols and formulae where needed. Great care has been taken over the defaults for the minor design choices in graphics, but the user retains full control.

R is available as Free Software under the terms of the Free Software Foundation's GNU General Public License in source code form. It compiles and runs on a wide variety of UNIX platforms and similar systems (including FreeBSD and Linux), Windows and MacOS.

R is an integrated suite of software facilities for data manipulation, calculation and graphical display. It includes an effective data handling and storage facility, a suite of operators for calculations on arrays, in particular matrices, a large, coherent, integrated collection of intermediate tools for data analysis, graphical facilities for data analysis and display either on-screen or on hardcopy, and a well-developed, simple and effective programming language which includes conditionals, loops, user-defined recursive functions and input and output facilities.

R, like S, is designed around a true computer language, and it allows users to add additional functionality by defining new functions. Much of the system is itself written in the R dialect of S, which makes it easy for users to follow the algorithmic choices made. For computationally-intensive tasks, C, C++ and Fortran code can be linked and called at run time. Advanced users can write C code to manipulate R objects directly.

VBA

Visual Basic for Applications (VBA) is een programmeertaal die bestemd is om applicatieprogramma's te automatiseren. Voornamelijk bekend uit de Microsoft Office serie, zoals Word, Excel en Access, maar ook gebruikt in applicaties van derden, zoals AutoCAD. De syntax van VBA is ontleend aan Visual Basic. Hieraan zijn een aantal opdrachten voor communicatie met de moederapplicatie toegevoegd.

Met behulp van VBA is het mogelijk toepassingen te automatiseren en de functionaliteit van de applicatie kan daardoor enigszins worden uitgebreid. VBA wordt dan gebruikt als een macrotaal voor die applicatie, waarin extra functies voor die applicatie kunnen worden geprogrammeerd. De basisfunctionaliteit van het applicatieprogramma kan in een VBA programma worden aangeroepen. Een programmeur zou hiermee bijvoorbeeld een compleet systeem voor een ledenadministratie kunnen maken op basis van het bestandsbeheerprogramma Access, in combinatie met specifieke zelfgeprogrammeerde functies in VBA.

VBA vervangt macrotalen, zoals WordBasic, dat in de oudere versies van Microsoft Word werd gebruikt. VBA is evenals Visual Basic een quasi objectgeoriënteerde programmeertaal. Met VBA kan men echter geen onafhankelijk programma schrijven, zoals met Visual Basic; bij VBA heeft men steeds de moederapplicatie nodig.

Het sterke punt van VBA is de eenvoudige integratie met het OLE-automation model, hierdoor is het mogelijk op eenvoudige wijze meerdere applicaties aan elkaar te knopen. Hieruit worden vaak taken die normaal handmatig uitgevoerd worden, bijv. zoals het opzoeken en overtypen van adressen, op een eenvoudige manier geautomatiseerd. Het zwakke punt van VBA is het gebrek aan kracht in de taal, en de vaak zeer gebrekkige set "objecten" die applicaties en VBA zelf aanleveren.

Een nadeel van de toepassing van VBA is dat daarmee virussen en andere malware in een bestand terecht kunnen komen. Veel systeembeheerders beperken of verbieden daarom het gebruik van VBA.

Er bestaan verschillende varianten van VBA, die ieder voor een bepaalde applicatie zijn bedoeld. Tussen deze varianten kunnen kleine verschillen bestaan. Het versienummer van een VBA is niet gelijk aan het versienummer van de overeenkomstige versie van Visual Basic, maar geeft de versie weer van de applicatie waarvoor de VBA versie gemaakt werd.

VBA is inmiddels beschikbaar voor bijna alle Microsoft Office applicaties zoals Word, Excel, Access, Outlook, PowerPoint enzovoort.

Bron: Wikipedia, 2005, *Visual Basic for Applications*, Wikipedia, de vrije encyclopedie,
15:35 12-05-2006
http://nl.wikipedia.org/w/index.php?title=Visual_Basic_for_Applications&oldid=502580
2

Index

- Aankomstproces, 53
 Aankomsttijden, 20
 aanwezigheidsverzoek, 20
 aanzuigende werking, 34
 Acceptatiekans, 60
 Active Monitoring, 36
 Administratieve afwerking, 24
 afspraakbevestiging, 20
 Arena, 64
 Artefacten, 23
- capaciteitsplanning, 7
 capaciteitsverrichtingen, 29
 Cockpit benadering, 36
 Contrastvloeistof, 22
 cyclisch rooster, 41
- Dagplanning, 44
 data-analyse, 10
 Decentrale planning, 71
 deelprocessen, 18
 Discrete Event, 51
 doorlooptijd, 25
- Excel, 66
- Gesloten tijdslot, 42
 Go / No-Go grens, 20
 groei, 34
 Groei trend, 55
- Hoge-spoed, 15
- Implementatie, 64
 Initiële toestand, 52
 instroomtype, 15, 16
 iteratieve modelering, 10
- Jeroen Bosch Ziekenhuis, 4
- Klinisch, 17
 korte termijn, 51
- laborant, 18
- lange termijn, 51
 Logistiek, 27
- Mathematisch model, 53
 Melding, 20
 monitoring, 32
 MRI Openingsplanning, 41
- Normentabel, 43
 No-show, 34
- Omsteltijden, 22
 Onderzoek, 20
 onderzoekprioriteit, 15
 Onderzoeksduren, 21
 Onderzoekstijd, 25
 Open tijdslot, 42
 Opwarmperiode, 52
 ORTEC, 4
- patiëntdoorlooptijd, 25
 Patiëntgroepen, 15
 Patiëntperspectief, 33
 patiëntstromen, 15
 Planbewaking, 46
 planningslogistiek, 27
 Planningssoorten, 41
 Planningsoptimalisatie, 37
 Poisson, 54
 Poliklinisch, 17
 Prestatie-indicatoren, 32
 procesherontwerp, 36
 procesverkenning, 9
 productiebesturing, 27
 Pull, 29
 Push, 30
- Radiodiagnost, 18
 radioloog, 18
 Regulier, 16
 Replicatielengte, 52
 Replicatieve validatie, 11
- Scanduur, 21

Semi-spoed, 16

Shop-effect, 34, 56

Spoed, 16

Structurele validatie, 11

Sturing 'aan de poort', 30

stuurparameter, 28

Technische optimalisatie, 37

tijdslot, 41

Toegangstijd, 24

Toegangstijdoverschrijding, 33

validatie, 11

VBA, 66

verificatie, 11

verificatie en validatie, 11

Verrichtingssoorten, 27

Verslaglegging, 23

Wachttijd, 25

Wachttijdoverschrijding, 33

Weekplanning, 44

werkzaamheden, 18