



VRIJE  
UNIVERSITEIT  
BRUSSEL



Proef ingediend met het oog op het behalen van de graad van  
Master of Science in de TEW: Handelsingenieur

## **MANPOWER PLANNING MET BEHULP VAN MARKOVMODELLEN.**

**Een PDCA-stappenplan met casestudie**

**EVELIEN RONDENBOSCH**  
**0509610**  
**Academiejaar 2017-2018**

Promotor: Prof. Dr. Marie-Anne Guerry  
Jury: Pieter-Jan Pauwelyn  
Economische & sociale wetenschappen & Solvay Business School

## Abstract

In de bestaande literatuur wordt het voeren van manpower planning beschreven door elk element ervan afzonderlijk te behandelen aan de hand van verschillende methoden in een hypothetische context. Een volledig stappenplan voor het uitvoeren van manpower planning evenals het omzetten van deze methoden in een concrete praktijksituatie lijken te ontbreken. Om aan deze tekorten tegemoet te komen zal in deze masterproef getracht worden een theoretisch stappenplan op te stellen voor het realiseren van een efficiënter manpower planningsbeleid. Dit stappenplan wordt vervolgens gedemonstreerd aan de hand van een casestudie met het personeelsbestand van een bestaande organisatie.

Deze masterproef omvat een uitgebreide literatuurstudie betreffende manpower planning en meer bepaald, het efficiënt omgaan met personeelstransities, teneinde de gewenste personeelsstructuur binnen een organisatie zo optimaal mogelijk te realiseren. Voor het voorspellen en analyseren van de personeelsstructuur wordt hierbij gebruik gemaakt van een wiskundig model, zijnde het tijd-homogeen Markovmodel.

Daarnaast wordt in deze masterproef een theoretisch stappenplan ontwikkeld, gebaseerd op de literatuur. Dit stappenplan omvat de Plan, Do, Control en Act (PDCA) stappen die een manager moet doorlopen om een efficiënt HRM-beleid te voeren.

De praktische uitvoerbaarheid van deze vooropgestelde stappen wordt in realiteit getest aan de hand van een casestudie. Er wordt gebruik gemaakt van zowel kwalitatieve alsook kwantitatieve methoden om na te gaan in welke mate deze stappen in de praktijk kunnen worden omgezet.

Een bijkomende output van deze masterproef is een draaiboek dat kan worden aangewend door elk HRM-management dat op een efficiënte wijze wil omgaan met personeelstransities om op die manier de gewenste personeelsstructuur te verkrijgen.

## Voorwoord

Deze masterproef met als titel ‘Manpower planning met behulp van Markovmodellen: een PDCA-stappenplan met casestudie’ is tot stand gekomen in het kader van mijn afstuderen als Handelsingenieur aan de Vrije Universiteit Brussel. Het schrijven van deze masterproef gebeurde tijdens de twee masterjaren van deze opleiding.

Gedurende het eerste jaar heb ik de voorbereidende paper geschreven, waarin een uitgebreide literatuurstudie werd uitgevoerd alsook het onderzoekskader werd neergezet. Ook werd hierbij het PDCA-stappenplan opgesteld. De paper vormt de basis voor het verdere onderzoek dat in deze masterproef wordt uitgevoerd (Rondenbosch, 2017).

Gedurende het tweede jaar werkte ik deze masterproef verder uit. Hierbij werd de praktische uitvoerbaarheid van het theoretisch PDCA-stappenplan getest aan de hand van de database van [REDACTED]. Vervolgens werd ook een draaiboek opgesteld dewelke door het HRM-management kan worden aangewend om zelf een efficiënter manpower beleid te voeren.

Het tot stand komen van deze masterproef zou niet gelukt zijn zonder de ondersteuning van bepaalde mensen in mijn omgeving, die elk hun meerwaarde hebben gehad. In eerste instantie wil ik mijn promotor Prof. Dr. Marie-Anne Guerry bedanken voor het helpen zoeken naar een onderwerp met wiskundige achtergrond dat binnen mijn interessegebied ligt. Verder wil ik haar alsook doctoraatstudente Evy Rombaut bedanken voor alle zinvolle tips en deskundige feedback die essentieel waren om deze masterproef tot een goed einde te brengen.

Ook [REDACTED], en meer specifiek [REDACTED] en [REDACTED], verdienen een dankwoord voor het beschikbaar stellen van hun personeelsbestand, voor het beantwoorden van mijn vragen alsook voor het verschaffen van extra informatie wanneer nodig.

Verder wil ik ook mijn ouders, Ann en Dirk, danken aangezien ik steeds bij hen terecht kon voor vragen en advies en zij mij bij het nalezen van mijn masterproef van nuttige input hebben voorzien. Mijn vriend, Wout, alsook mijn medestudenten en tevens zeer goede vriendinnen, Stephanie, Bo en Susanne, verdienen eveneens een welgemeende dankjewel voor de onvoorwaardelijke steun en positieve woorden gedurende het hele proces.

Ik wens u veel leesplezier toe,

Evelien Rondenbosch

Mei 2018

## INHOUDSOPGAVE

---

1.	Inleiding .....	4
2.	Kritische literatuurstudie .....	5
2.1.	Human resource management-aspecten .....	5
2.1.1.	Human resource management .....	5
2.1.2.	Manpower planning.....	6
2.1.3.	Personeelstransities .....	7
2.1.4.	Ondersteunende modellen binnen een organisatie voor personeelstransities.....	8
2.2.	Markovmodellen .....	9
2.2.1.	Geschiktheid van een Markovmodel op basis van HRM-beleid .....	9
2.2.2.	Overwegingen bij de keuze van een Markovmodel .....	9
2.2.3.	Selectie van Markovmodellen op basis van observeerbare variabelen .....	11
2.3.	Van een heterogene personeelsgroep naar homogene subgroepen.....	12
2.3.1.	Soorten variabelen binnen de heterogene personeelsgroep.....	12
2.3.2.	Verklarende variabelen voor heterogeniteit .....	13
2.3.3.	Methoden van opsplitsing naar homogene subgroepen.....	15
2.3.4.	Evenwicht tussen homogeniteit en grootte van de subgroepen.....	18
2.4.	Transitiekansen.....	19
2.5.	Validatie van een Markovmodel .....	20
2.5.1.	Assumpties voor het tijd-homogeen Markovmodel nagaan .....	20
2.5.2.	Voorspellingskracht van het model nagaan.....	21
2.6.	Voorspelde toekomstige personeelsstructuur .....	22
2.7.	Congruentie tussen de voorspelde en de gewenste personeelsstructuur.....	23
2.7.1.	Bepalen van gewenste personeelsstructuur .....	24
2.7.2.	Aftoetsen van alternatieve strategieën.....	24
2.7.3.	Selecteren van de beste strategie .....	25
3.	Onderzoekskader .....	25
3.1.	Onderzoeksprobleem.....	26
3.2.	Onderzoeksopzet .....	27

4.	PDCA-stappenplan voor manpower planning .....	28
4.1.	Methodologie.....	28
4.2.	Resultaten .....	28
4.2.1.	Modelleren van het HRM-beleid, inclusief manpower planning .....	30
4.2.2.	Selecteren van een Markovmodel .....	31
4.2.3.	Opsplitsen van een heterogene personeelsgroep in homogene subgroepen .....	33
4.2.4.	Inschatten van transitiekansen .....	34
4.2.5.	Valideren van het Markovmodel .....	34
4.2.6.	Voorspellen van de toekomstige personeelsstructuur .....	35
4.2.7.	Congrueren van de voorspelde met de gewenste personeelsstructuur.....	36
5.	Casestudie.....	37
5.1.	Methodologie.....	37
5.1.1.	Vorbereiding.....	37
5.1.2.	Aftoetsen van het PDCA-stappenplan.....	39
5.2.	Resultaten .....	41
5.2.1.	Modelleren van het HRM-beleid, inclusief manpower planning .....	41
5.2.2.	Selecteren van een Markovmodel .....	43
5.2.3.	Opsplitsen van een heterogene personeelsgroep in homogene subgroepen .....	44
5.2.4.	Inschatten van transitiekansen .....	51
5.2.5.	Valideren van het Markovmodel .....	53
5.2.6.	Voorspellen van de toekomstige personeelsstructuur .....	60
5.2.7.	Congrueren van de voorspelde met de gewenste personeelsstructuur.....	62
6.	Draaiboek voor het toepassen van het PDCA-Stappenplan .....	70
7.	Conclusie, beperkingen en aanbevelingen .....	83
	Referenties.....	86
	Bijlagen .....	90
	Bijlage 1: Mail, opgesteld voor het verkrijgen van een database .....	90
	Bijlage 2: Beslissingsbomen op basis van verklarende variabelen.....	91
	Bijlage 3: Opsplitsing naar homogene subgroepen.....	97
	Bijlage 4: Transitie matrices .....	102

Bijlage 5: Een voorbeeld over hoe de $\chi^2$ manueel werd berekend .....	105
Bijlage 6: Plots en tabellen voor de afwijkingen tussen de voorspelde en werkelijke stocks voor de homogene groepen .....	108
Bijlage 7: De evolutie van de stocks over de jaren heen .....	118
Bijlage 8: De regressierechten, opgesteld om de groeivoet te bepalen.....	119
Bijlage 9: De voorspelde stocks, rekening houdend met de groeivoet .....	120

## LIJST VAN FIGUREN EN TABELLEN

FIGUUR 1: OORZAKEN VAN HETEROGENITEIT (BRON: UGWUOWO EN MCCLEAN, 2000) .....	14
FIGUUR 2: PDCA-STAPPENPLAN VOOR MANPOWER PLANNING O.B.V. DE LITERATUURSTUDIE .....	29
FIGUUR 3: MODELLEREN VAN HET HRM-BELEID, INCLUSIEF MANPOWER PLANNING O.B.V. DE LITERATUURSTUDIE .....	30
FIGUUR 4: SELECTEREN VAN EEN MARKOVMODEL O.B.V. DE LITERATUURSTUDIE .....	32
FIGUUR 5: OPSPLITSEN VAN EEN HETEROGENE PERSONEELSGROEP IN HOMOGENE SUBGROEPEN O.B.V. DE LITERATUURSTUDIE .....	33
FIGUUR 6: INSCHATTEN VAN TRANSITIEKANSEN O.B.V. DE LITERATUURSTUDIE.....	34
FIGUUR 7: VALIDEREN VAN HET MODEL O.B.V. DE LITERATUURSTUDIE.....	35
FIGUUR 8: VOORSPELLEN VAN DE TOEKOMSTIGE PERSONEELSSTRUCTUUR O.B.V. DE LITERATUURSTUDIE.....	36
FIGUUR 9: CONGRUEREN VAN DE VOORSPELDE MET DE GEWENSTE PERSONEELSSTRUCTUUR O.B.V. DE LITERATUURSTUDIE .....	37
FIGUUR 10: BESLISSINGSBOOM VOOR EEN PROMOTIE VAN FUNCTIEGROEP 10 NAAR 9 .....	48
FIGUUR 11: INTERNE VALIDITEIT 2009 VOOR KADER- EN WINKELFUNCTIES .....	58
FIGUUR 12: INTERNE VALIDITEIT 2010 VOOR KADER- EN WINKELFUNCTIES .....	58
FIGUUR 13: STOCKS VOOR KADER- EN WINKELFUNCTIES .....	68
FIGUUR 14: STOCKS VOOR BEENHOEWER FUNCTIES.....	68
FIGUUR 15: TEMPLATE FICHE.....	70
TABEL 1: HET GROEIPERCENTAGE EN DE GROEI IN ABSOLUTE WAARDE OVER DE JAREN HEEN .....	43
TABEL 2: OPSPLITSING OP BASIS VAN FUNCTIE .....	45
TABEL 3: TRANSITIEMATRIX .....	46
TABEL 4: VALIDEREN VAN DE ASSUMPTIE VAN TIJD-HOMOGENITEIT VOOR KADER- EN WINKELFUNCTIES .....	54
TABEL 5: VALIDEREN VAN DE ASSUMPTIE VAN TIJD-HOMOGENITEIT VOOR BEENHOEWER FUNCTIES.....	55
TABEL 6: CHI-KWADRAAT TEST VOOR INTERNE VALIDITEIT OVER DE JAREN HEEN VOOR KADER- EN WINKELFUNCTIES .....	57
TABEL 7: CHI-KWADRAAT TEST VOOR PREDICTIEVE VALIDITEIT OVER DE JAREN HEEN VOOR KADER- EN WINKELFUNCTIES .....	59
TABEL 8: CHI-KWADRAAT TEST VOOR PREDICTIEVE VALIDITEIT OVER DE JAREN HEEN VOOR BEENHOEWER FUNCTIES.....	60
TABEL 9: VOORSPELDE STOCKS VOOR 2017 .....	61
TABEL 10: VOORSPELDE STOCKS OVER 10 JAAR .....	61
TABEL 11: VERGELIJKING TUSSEN VOORSPELDE EN WERKELIJKE STOCKS VOOR 2017 .....	67
TABEL 12: VOORSPELDE STOCKS VOOR 2026 VOOR KADER- EN WINKELFUNCTIES ALSOOK VOOR BEENHOEWER FUNCTIES .....	67

## 1. INLEIDING

In de huidige economie wordt human resource management (HRM) steeds belangrijker voor organisaties, zeker gezien het klimaat van de overheidsbesparingen en de economische recessie (Boxall & Purcell, 2011). Dit zorgt voor een volatiele omgeving waardoor er nood is aan het flexibel inplannen van arbeidskrachten (Dimitriou, Georgiou & Tsantas, 2014). Deze evolutie maakt dat het omgaan met personeel, en meer concreet het omgaan met personeelstransities, een fundamenteel aspect van een organisatie wordt. In het Engels wordt dit manpower planning genoemd.

Manpower planning dient het volledig personeelsbestand, een heterogene groep aan personeel, efficiënt in te plannen. Dit impliceert dat de vraag naar en het aanbod aan personeel op elkaar moeten worden afgestemd om ervoor te zorgen dat de toekomstige personeelsstructuur overeenstemt met de gewenste; een moeilijke taak. In de literatuur bestaan verschillende opvattingen over hoe een manpower planningsbeleid het best wordt gevoerd. In de meeste wetenschappelijke artikels wordt steeds de nadruk gelegd op slechts één van de aspecten die een efficiënt manpower planningsbeleid aangaan. Daarbij wordt veelal gebruik gemaakt van hypothetische databases en theoretische voorspellingen zonder concrete toepassingen.

Deze masterproef wenst aan beide tekorten tegemoet te komen en stelt zich aldus een tweeledig doel. Een eerste doelstelling betreft het ontwikkelen van een PDCA-stappenplan - Plan-Do-Check-Act - dat elke stap van manpower planning nader toelicht. Een tweede doelstelling is het demonstreren van dit theoretisch stappenplan aan de hand van een casestudie met het personeelsbestand van een bestaande organisatie.

Deze masterproef heeft aldus de volgende onderzoeksvraag: *“Het realiseren van een gewenste personeelsstructuur door het efficiënt omgaan met personeelstransities met behulp van Markovmodellen: een PDCA-stappenplan met casestudie.”*

Het stappenplan, ontwikkeld volgens het Plan-Do-Check-Act-principe, beoogt de congruentie tussen de gewenste personeelsstructuur en de toekomstige personeelsstructuur, voorspeld op basis van de huidige human resource management-strategieën. In de Plan-fase dienen deze strategieën te worden geanalyseerd. Vervolgens gebeuren in de Do-fase de voorbereidingen voor het schatten van de toekomstige personeelsstructuur. In de Check-fase worden deze ondernomen stappen gevalideerd. Tenslotte kan in de Act-fase de toekomstige personeelsstructuur effectief worden voorspeld. Voor de voorspellingen wordt gebruik gemaakt van wiskundige Markovmodellen. Dit stappenplan zal vervolgens worden toegepast en toegelicht aan de hand van een casestudie op basis van een personeelsbestand van een bestaande organisatie. Een bijkomende output van deze masterproef is een draaiboek, dat bestaat uit meerdere fiches dewelke de verschillende stappen van manpower planning omvat.



Dit onderzoek kan nuttig zijn voor grote en middelgrote organisaties die de voorgestelde werkwijze willen vergelijken met de manier waarop zijzelf momenteel aan manpower planning doen. Het management kan op basis hiervan afoetsen hoe ze op een meer efficiënte manier kunnen omgaan met personeelstransities en eventueel bepaalde acties ondernemen om op een onderbouwde wijze hun gewenste personeelsstructuur te bekomen.

Na deze inleiding volgt het tweede hoofdstuk met een diepgaande literatuurstudie dewelke belangrijke concepten, nodig voor het vervolg van deze masterproef, bestudeert. Het derde hoofdstuk omvat het onderzoekskader waarbinnen het onderzoeksprobleem, alsook de onderzoeksopzet, uitgebreid worden toegelicht. Het vierde hoofdstuk bespreekt de uitwerking van het PDCA-stappenplan. In het vijfde hoofdstuk wordt dit stappenplan afgetoetst met behulp van een casestudie. Beide hoofdstukken worden opgesplitst in de methodologie en de eigenlijke resultaten. Het zesde hoofdstuk omvat het opgestelde draaiboek, bestaande uit verschillende fiches. In het zevende en tevens laatste hoofdstuk worden conclusies getrokken, beperkingen erkend en aanbevelingen gegeven.

## 2. KRITISCHE LITERAATUURSTUDIE

De structuur van deze literatuurstudie is reeds ingedeeld op basis van de verschillende thema's die in het eigen ontwikkelde PCDA-stappenplan aan bod zullen komen. Hierdoor is de literatuur opgedeeld in zeven secties, vertrekkende van het breed concept van human resource management om te eindigen met de concrete doelstelling van manpower planning, zijnde de congruentie tussen de voorspelde personeelsstructuur en de gewenste personeelsstructuur.

### 2.1. HUMAN RESOURCE MANAGEMENT-ASPECTEN

#### 2.1.1. HUMAN RESOURCE MANAGEMENT

Human resource management (HRM) is op korte termijn wereldwijd zeer populair geworden, ook al blijft de definitie ervan redelijk vaag (Hendry, 2012). Zo definieert Storey HRM in 2007 als “any approach to employment management” (p. 6). Volgens Hendry (2012) wordt door het management veelal het volgende gezegd: “our human resources are our most important assets” (p. 3). De vraag rijst dan natuurlijk hoe dergelijke organisaties omgaan met hun ‘human resources’, zijnde het personeel.

Hendry haalt in 2012 het matchen van personeelsbeleid met de bedrijfsstrategie aan als eerste belangrijk aspect van HRM. Dit impliceert dat personeelsbeslissingen niet op zichzelf moeten worden genomen, maar dat er steeds rekening moet worden gehouden met de organisatie in zijn geheel. Dit gebeurt met behulp van bepaalde mechanismes, waaronder het inplannen van personeel of manpower planning. HRM gaat echter verder dan puur de numerieke focus van manpower planning. HRM heeft namelijk ook aandacht voor de toewijding en motivatie van het personeel binnen de organisatie. Dit kan gebeuren met behulp van promoties maar ook door extra training, supervisie en dergelijke. Om dit te

kunnen verwezenlijken is een bepaalde managementstijl en organisatiecultuur nodig. HRM is aldus een bepaalde filosofie die kan worden aangewend door het management. Ook Edgar en Geare legden in 2005 reeds de nadruk op het creëren van toewijding van het personeel als hoofddoel van HRM. Zij gaan ervan uit dat dergelijke toewijding kan worden bereikt door gepaste HRM-praktijken te hanteren.

Guest en Conway onderzochten in 2002 de impact van het investeren in een beter HRM. De conclusie van dit onderzoek is dat het voorzien van opportuniteiten voor training en bijscholing het personeel ten goede komt. Dit komt doordat ze hen hiermee van de nodige kennis voorzien waardoor ze autonoom te werk kunnen gaan en hun verantwoordelijkheid kunnen nemen.

### 2.1.2. MANPOWER PLANNING

Zoals aangehaald is manpower planning, met name het inplannen van de arbeidskrachten, een belangrijk onderdeel van HRM (Hendry, 2012). Guerry en Peeters omschrijven manpower planning in 2005 als “een kwantitatief personeelsbeleid waarbij wiskundige modellen als ondersteunend instrument worden aangewend” (pg 3). Volgens Ugwuowo en McClean (2000) is manpower planning essentieel voor een organisatie, opdat de human resources op een efficiënte wijze kunnen worden benut. Het inplannen van deze arbeidskrachten draait in essentie rond het matchen van vraag en aanbod van human resources (Dimitriou et al., 2014).

Dit gebeurt meestal in drie stappen volgens De Feyter (2006). Vooreerst wordt het aanbod aan personeel bekeken en meer concreet wat er zal gebeuren met het huidig personeel. Nadien wordt de vraag naar personeel ingeschat op basis van de nood aan personeel om de doelstellingen van de organisatie te realiseren. In de derde stap wordt het aanbod aan en de vraag naar personeel vergeleken en kan actie worden ondernomen opdat vraag en aanbod zo dicht mogelijk bij elkaar aansluiten. Voorbeelden van dergelijke acties zijn training en aanwerving van personeel.

Manpower planning hangt voor een belangrijk deel af van de dynamiek van de human resources (Dimitriou et al., 2014). Bij manpower planning moet aldus rekening gehouden worden met twee concepten die nauw samenhangen, zijnde ‘stocks’ en ‘flows’ (Dimitriou, Georgiou & Tsantas, 2013). In sectie 2.3 zal aan bod komen hoe een heterogene personeelsgroep kan worden onderverdeeld in  $k$  homogene subgroepen. Wanneer dit gebeurd is, bestaat een organisatie uit de verschillende statussen  $S_1, \dots, S_k$  (Guerry & De Feyter, 2009). De **stock** van  $S_i$  verwijst naar het aantal personeelsleden in  $S_i$  op tijdstip  $t$  en wordt genoteerd als  $n_i(t)$ . Om een volledig overzicht te krijgen van de distributie van alle personeelsleden in alle statussen op een bepaald tijdstip kan een stockvector worden opgesteld. Dit zal een rijvector  $\mathbf{n}(t)$  zijn met  $k$  elementen, zijnde  $(n_i(t))$ . Het totale aantal personeelsleden van een organisatie op het moment  $t$  kan bepaald worden door de som te nemen van al deze elementen:  $N(t) = \sum_{i=1}^k n_i(t)$ . **Flows** wijzen op de personeelstransities, met name het aantal personeelsleden dat van  $S_i$  naar  $S_j$  gaat in het tijdsinterval  $[t-1, t]$ . Dit kan worden genoteerd als  $n_{ij}(t)$  en vervolgens worden omgezet

naar een vierkante matrix, zijnde  $N(\mathbf{t}) = (n_{ij}(t))$ . Een meer gebruikte vorm van uitdrukking zijn de transitiekansen, genoteerd als  $p_{ij}(t)$ .

### 2.1.3. PERSONEELSTRANSITIES

Guerry en De Feyter halen in 2009 aan dat er twee grote types van flows zijn, namelijk de interne en de externe flows. De interne flows gebeuren intern in de organisatie, terwijl de externe flows een interactie met de buitenwereld vereisen.

Meer gebruikelijk wordt gesproken over verschillende types van personeelstransities die de dynamiek van het personeel creëren: er is de instroom van personeel, de transitie van personeel binnenin een organisatie en de uitstroom van personeel (Bartholomew et al., 1991). Guerry (2011), Dimitriou et al. (2013), alsook vele andere auteurs, hanteren deze drie mogelijke vormen van personeelstransities.

Bij de eerste vorm van personeelstransities, namelijk **de instroom van personeel**, wordt nieuw personeel in een organisatie aangeworven. Het totale aantal nieuw aangeworven personeelsleden in het tijdsinterval  $[t-1, t]$  wordt genoteerd onder de vorm van  $R(t)$ . Indien  $r_i(t)$  wordt beschouwd als de kans dat een nieuw personeelslid wordt toegewezen aan  $S_i$ , kan worden gesteld dat het aantal nieuw aangeworven personeelsleden  $R(t)$  over de verschillende statussen wordt verdeeld volgens de rijvector  $\mathbf{r}(t) = (r_i(t))$  (Guerry & De Feyter, 2009).

De tweede vorm, met name **de transitie binnenin een organisatie**, omvat de stroming van personeelsleden uit een bepaalde status  $S_i$  in een organisatie naar een andere status  $S_j$  binnen dezelfde organisatie binnen het tijdsinterval  $[t-1, t]$ . Zoals reeds aangegeven wordt de kans dat deze stroming zich voordoet, genoteerd als  $p_{ij}(t)$ . Al deze kansen kunnen worden weergegeven in de vierkante transitie matrix  $\mathbf{P}$  met  $k$  rijen en  $k$  kolommen, waarbij  $k$  gelijk is aan het aantal subgroepen (Guerry & De Feyter, 2009). Hoe deze kansen worden berekend komt in sectie 2.4 aan bod. Wanneer een personeelslid naar een hogere graad binnen de organisatie gaat, wordt gesproken van promotie en wordt deze persoon gepromoveerd. Indien dit personeelslid echter terugkeert naar een lagere graad, wordt dit demotie genoemd (Gibbons & Waldman, 1999). In de omzetting van de theorie naar de praktijk wordt er vaak vanuit gegaan dat interne personeelstransities enkel promoties omvatten, geen demoties (De Feyter, 2006; Guerry, 2011). Toch blijkt uit de recente literatuur dat demoties binnen organisaties en de impact hiervan steeds meer aandacht krijgen (Josten & Schalk, 2010). Carson, P. P. en Carson, K. D. concluderen bijvoorbeeld in 2007 dat demoties een negatieve impact hebben op de moraal van de persoon in kwestie en dat hiermee aldus op correcte wijze moet worden omgegaan.

De derde vorm van stroming, **de uitstroom van personeel**, omvat personeelsleden die de organisatie verlaten. Volgens Bartholomew et al. (1991) is de uitstroom van personeel de belangrijkste vorm aangezien deze uitstroom openstaande vacatures creëert waardoor nieuw personeel kan worden aangeworven (instroom), alsook bestaand personeel bepaalde transities kan ondergaan (interne transities). Vanuit het standpunt van de organisatie kan de uitstroom van personeel twee vormen aannemen: gecontroleerde uitstroom zoals bijvoorbeeld gedwongen ontslag, of ongecontroleerde uitstroom zoals bijvoorbeeld het vrijwillig ontslag van een individu (Abelson, 1987). Ook vanuit het standpunt van het individu kan de uitstroom twee vormen aannemen: onvrijwillige uitstroom zoals ziekte of ontslag, alsook vrijwillige uitstroom op initiatief van het individu (Shaw, Delery, Jenkins & Gupta, 1998). Wanneer het tijdsinterval  $[t-1, t]$  wordt beschouwd, kan de uitstroom uit subgroep  $i$  worden uitgedrukt als  $w_i(t)$ , gelijk aan  $1 - \sum_{j=1}^k p_{ij}(t)$ . De combinatie van de uitstroom uit alle mogelijke subgroepen  $i$  kan worden samengenomen in de kolomvector  $\mathbf{w}(t) = (w_i(t))$  (Guerry & De Feyter, 2009).

#### 2.1.4. ONDERSTEUNENDE MODELLEN BINNEN EEN ORGANISATIE VOOR PERSONEELSTRANSITIES

Rombaut en Guerry halen in 2015 aan dat manpower planning zorgt voor ondersteuning op lange termijn om beslissingen te nemen omtrent deze vormen van transities. Het is echter belangrijk om een onderscheid te maken tussen **push en pull modellen** binnen een organisatie, aangezien dit de reden of impuls van bepaalde transities kan verklaren (Bartholomew et al., 1991). Wanneer er transities plaatsvinden omwille van vacatures die vrijkomen, wordt gesproken van een pull model aangezien het personeelslid de nieuwe graad wordt ingetrokken omdat het noodzakelijk is om deze vacature op te vullen. Wanneer een personeelslid wordt gepromoveerd omwille van bijvoorbeeld een goede prestatie, wordt uitgegaan van een push model aangezien het personeelslid die nieuwe graad wordt ingeduwd. In de praktijk komt vaak de combinatie van beide modellen voor; de uitstroom van personeel zal namelijk steeds als een push flow worden bestempeld, maar de interne transities kunnen veroorzaakt worden door pull incentives. In dat geval wordt er gesproken over een mixed-push-pull model.

Verder is het volgens Bartholomew et al. (1991) ook belangrijk een onderscheid te maken tussen een **tijd-discreet en een tijd-continu model**. Bij een tijd-discreet model zijn er bepaalde ogenblikken in de tijd waarop de transities kunnen plaatsvinden. Een voorbeeld dat hierbij wordt aangehaald is dat nieuwe studenten zich (meestal) inschrijven aan het begin van het academiejaar. Bij een tijd-continu model daarentegen kan een transitie op elk moment gebeuren; zo kunnen diezelfde studenten zich op elk moment uitschrijven.

Een laatste onderscheid dat volgens Guerry en De Feyter (2009) kan worden gemaakt, is het verschil tussen **deterministische en stochastische modellen**, alhoewel een organisatie ook hier meestal een combinatie van beide vormen hanteert. Bij een deterministisch model vallen alle personeelstransities volledig onder de controle van het management. Wanneer dit soort model van toepassing is, kan worden gesproken over transitieproporties, in plaats van transitiekansen, aangezien er zekerheid is dat elk jaar een bepaalde proportie zal overgaan van  $S_i$  naar  $S_j$  (Bartholomew et al., 1991). Bij een stochastisch model hangen deze transities af van het toeval, waardoor de term transitiekansen kan worden behouden. Toch kunnen deze personeelstransities worden voorspeld om op die manier de toekomstige personeelsstructuur in te schatten. In het achterhoofd moet dan worden gehouden dat er steeds een zekere afwijking van deze transitiekans mogelijk is.

Het is belangrijk om na te gaan welke van deze modellen door het HRM en manpower planning-beleid worden gehanteerd aangezien dit een invloed heeft op de transitiekansen van personeelsleden.

## 2.2. MARKOVMODELLEN

Bij het voeren van een efficiënt manpower planningsbeleid kunnen wiskundige modellen worden aangewend. De meest gebruikte modellen zijn hierbij de Markovmodellen. Deze trachten te analyseren hoe de personeelsstructuur van een organisatie er in de toekomst zal uitzien indien de huidig gehanteerde HRM-strategieën behouden blijven (Guerry & De Feyter, 2009). Markovmodellen zijn echter niet voor elke organisatie geschikt om de toekomstige personeelsstructuur te voorspellen. Daarenboven moeten bepaalde overwegingen worden gemaakt om het juiste type Markovmodel te selecteren.

### 2.2.1. GESCHIKTHEID VAN EEN MARKOVMODEL OP BASIS VAN HRM-BELEID

In eerste instantie moet op niveau van het HRM-beleid worden nagegaan of een Markovmodel al dan niet gehanteerd kan worden. Daarbij speelt het onderscheid tussen **push en pull transitities**, toegelicht in sectie 2.1.4, een rol. Het is belangrijk te weten welke vorm het HRM-beleid hanteert. Wanneer de organisatie werkt met push transitities, zijn Markovmodellen een geschikte tool om mee verder te werken aangezien zij gebaseerd zijn op push modellen. Wanneer de organisatie eerder pull transitities hanteert, zijn Markovmodellen niet geschikt. Er dient dan verder gewerkt te worden met de zogenaamde Renewal modellen, dewelke pull modellen zijn, zoals aangehaald door Dimitriou et al. in 2012, door Guerry en de Feyter in 2009 alsook door McClean in 1991. Aangezien de focus van deze masterproef op het Markovmodel ligt, worden Renewal modellen in deze masterproef niet verder behandeld maar deze werden wel reeds uitgebreid besproken door onder meer Bartholomew et al. in 1991.

### 2.2.2. OVERWEGINGEN BIJ DE KEUZE VAN EEN MARKOVMODEL

Indien een Markovmodel geschikt blijkt te zijn, dienen een aantal afwegingen gemaakt te worden bij het kiezen van een gepast Markovmodel.

Bij elke variant moet dé Markoveigenschap in het achterhoofd worden gehouden: het Markovmodel gaat uit van een systeem zonder geheugen. Dit impliceert dat de status waarin een personeelslid zich zal bevinden op tijdstip  $t$ , enkel afhangt van het tijdstip  $t-1$  en niet van voorgaande tijdstippen (Bartholomew, 1971).

Een eerste overweging die het HRM-beleid moet maken is de keuze tussen een **univariaat en multivariaat Markovmodel**. Een univariaat Markovmodel gaat de heterogene groep aan personeel opsplitsen in homogene subgroepen enkel op basis van de graad waarin de personeelsleden zich bevinden, zoals steeds gehanteerd door Bartholomew et al. in 1991. Deze modellen werden vooral toegepast in de beginjaren van het Markovmodel. Meer accurate resultaten worden namelijk bekomen wanneer gebruik wordt gemaakt van meerdere variabelen voor deze opsplitsing. Deze variabelen zijn de verklarende variabelen voor personeelstransities. In dat geval wordt gesproken van een multivariaat Markovmodel zoals onder meer besproken door Dimitriou et al. in 2013 alsook in 2014. Wanneer meerdere variabelen worden gehanteerd, is de opsplitsing in homogene subgroepen minder voor de hand liggend. Aangezien de focus van deze masterproef op het multivariate Markovmodel ligt, wordt in sectie 2.3 toegelicht hoe deze opsplitsing concreet kan worden uitgevoerd.

Vervolgens moet de afweging gemaakt worden tussen **tijd-discrete en tijd-continue Markovmodellen**. Dit onderscheid werd reeds uitgelegd in sectie 2.1.4. De meeste Markovmodellen zijn tijd-discrete modellen, wat inhoudt dat de transitiekansen steeds worden bekeken over gelijke tijdsintervallen. Dit impliceert dat het model ervan uitgaat dat er maximaal één transitie gebeurt gedurende  $[t-1, t]$ . De transitie wordt bepaald op basis van de status op tijdstip  $t-1$  en tijdstip  $t$  (Guerry & De Feyter, 2009). Deze veronderstelling houdt in de praktijk echter niet steeds stand, waardoor er ook aandacht is voor tijd-continue Markovmodellen. Hierbij worden transities op een continue manier doorheen de tijd geëvalueerd (Aziz, Sanwal, Singhal & Brayton, 2000; Baier, Haverkort, Hermanns & Katoen, 2003). Deze tijd-continue Markovmodellen vallen buiten het bereik van deze masterproef; in wat volgt wordt aldus verder gewerkt met het tijd-discreet Markovmodel.

Een laatste keuze die dient gemaakt te worden bij multivariate Markovmodellen is de keuze met betrekking tot de variabelen die zullen worden aangewend om het Markovmodel op te stellen. Er is een onderscheid tussen **observeerbare en verborgen variabelen**, zoals duidelijk zal worden uitgelegd in sectie 2.3.1. De aard van de variabelen die worden gebruikt bij de toepassing van het Markovmodel, hebben een invloed op welk type Markovmodel gehanteerd moet worden. Wanneer beide soorten variabelen in rekening willen worden gebracht, moet een Markov-switching model worden toegepast. Dit kan bijvoorbeeld op basis van het mover-stayer principe zoals besproken door Guerry in 2011 kort zal worden toegelicht in sectie 2.3.3. De focus van deze masterproef ligt op Markovmodellen die enkel rekening houden met de observeerbare variabelen. Omdat binnen deze vorm van Markovmodellen nog een selectie moet worden gemaakt op basis van twee assumpties, gaat volgende sectie hier verder op in.

### 2.2.3. SELECTIE VAN MARKOVMODELLEN OP BASIS VAN OBSERVEERBARE VARIABLEN

De nadruk van de Feyter ligt in 2006 op de observeerbare variabelen; in dat geval zijn er volgens deze auteur twee mogelijke manieren om een Markovmodel te definiëren. In eerste instantie kan een Markovmodel al dan niet tijd-homogeen zijn. Ten tweede kan een onderscheid worden gemaakt tussen een Markovmodel en een semi-Markovmodel. Hierbij horen twee assumpties die kunnen worden aanvaard:

- Assumptie 1: Tijd-homogeniteit van transitiekansen,
- Assumptie 2: Afwezigheid van duratie-effecten.

**Het tijd-homogeen Markovmodel** aanvaardt assumptie 1 en veronderstelt dat de effecten van de karakteristieken op de heterogeniteit niet veranderen doorheen de tijd waardoor de transitiekansen tijd-homogeen - en dus constant- zijn (Bartholomew, 1971). Nielsen en Young vermelden vervolgens in 1973 dat de transitiekansen constant blijven, zolang het manpower planningsbeleid voor transitiees ongewijzigd blijft. Indien deze kansen toch niet constant zijn, is een mogelijke oplossing volgens De Feyter (2006) om de genomen tijdsintervallen aan te passen van bijvoorbeeld 6 maand naar 1 jaar. Indien de assumptie na deze aanpassing nog steeds niet standhoudt, moet worden gebruik gemaakt van een **niet-tijd-homogeen Markovmodel**. Dit type Markovmodel werkt met transitiekansen die niet tijd-homogeen zijn (Guerry & De Feyter, 2009). Het niet-tijd-homogeen Markovmodel werd in 1997 reeds onderzocht door Vassiliou, en later ook door Yadavalli, Natarajan en Udayabhaskaran (2002) alsook door Dimitriou, Georgiou en Tsantas (2013).

**Het Markovmodel** aanvaardt assumptie twee en gaat uit van een systeem zonder duratie-effecten: het aantal jaren dat een personeelslid reeds in dezelfde status vertoeft heeft geen invloed op zijn of haar transitiemogelijkheden. Dit impliceert dat het Markovmodel noch rekening houdt met het tijdstip van voorgaande transitiees, noch met de algehele anciënniteit (Guerry en De Feyter, 2009). **Het semi-Markovmodel** daarentegen houdt hier wel rekening mee en werd reeds uitgebreid besproken door onder meer McClean in 1991. Recent stelden Guerry en Carette (2017) echter dat er ook een tweede manier is om met de aanwezigheid van duratie-effecten om te gaan. Zij vermelden dat wanneer anciënniteit, of de variabele die het duratie-effect verklaart, mee wordt opgenomen als verklarende variabele in het model, het Markovmodel nog steeds kan worden gehanteerd.

Wanneer beide assumpties kunnen worden aanvaard, kan worden verder gewerkt met een tijd-homogeen Markovmodel (Bartholomew et al., 1991; Dimitriou et al., 2013, 2014; Guerry & De Feyter, 2009; Ugwuowo & McClean, 2000). Wanneer geen van beide assumpties wordt aanvaard, dient gewerkt te worden met het niet-tijd-homogeen semi-Markovmodel. Deze vorm wordt onder meer gehanteerd door Papadopoulou en Vassiliou in 1994, door McClean en Montgomery in 1998 alsook door Janssen en Manca in 2002, maar valt buiten het bereik van deze masterproef. Er zijn ook situaties mogelijk waarbij slechts één van beide assumpties wordt aanvaard.

## 2.3. VAN EEN HETEROGENE PERSONEELSGROEP NAAR HOMOGENE SUBGROEPEN

Markovmodellen trachten de toekomstige personeelsstructuur te voorspellen met behulp van transitiekansen. Het voorspellen van personeelstransities is echter niet zo eenvoudig aangezien het gedrag van individuen binnen een organisatie verschilt naar gelang karakteristieken en persoonlijke kenmerken (Jackson et al., 1991). Het spreekt dan ook voor zich dat alle individuen in een personeelsbestand een heterogene groep personen vormen. Dit heeft, naast de gehanteerde strategieën van een organisatie zoals besproken in sectie 2.1.4, ook een impact op de personeelstransities (Ugwuowo & McClean, 2000). Het doel van het opsplitsen van een heterogene groep naar homogene subgroepen is dat de transitiekansen voor elk individu binnen een homogene subgroep dezelfde zijn (Guerry & De Feyter, 2009). Merk op dat de homogeniteit in dit geval niet op hetzelfde slaat als de tijd-homogeniteit bij de eerste assumptie van Markovmodellen. In dat geval sloeg de homogeniteit op constante transitiekansen doorheen de tijd. Guerry benadrukt in 2007 dat de homogeniteit in het geval van homogene subgroepen steeds betrekking heeft tot de homogeniteit van transitiekansen van personeelsleden in eenzelfde subgroep.

### 2.3.1. SOORTEN VARIABELEN BINNEN DE HETEROGENE PERSONEELSGROEP

De oorzaken voor heterogeniteit kunnen worden opgesplitst in observeerbare en verborgen oorzaken. **De observeerbare en verborgen variabelen** omvatten twee verschillende oorzaken van heterogeniteit. Het is belangrijk dit onderscheid in acht te nemen aangezien zij een invloed uitoefenen op de manier waarop de heterogene groep wordt opgesplitst in homogene subgroepen (Guerry, 2011; Ugwuowo & McClean, 2000). De observeerbare variabelen zijn de meest vanzelfsprekende variabelen waarnaar wordt gekeken aangezien ze kunnen worden afgeleid uit het personeelsbestand, zoals bijvoorbeeld leeftijd en geslacht. De verborgen variabelen zijn moeilijker in rekening te nemen aangezien hierover geen data beschikbaar is in het personeelsbestand. Deze variabelen kunnen van persoonlijke of omgevingsfactoren afhangen (Ugwuowo & McClean, 2000).

Binnenin de observeerbare variabelen kan daarenboven nogmaals een onderscheid worden gemaakt tussen **deterministische en stochastische variabelen** (Guerry, 2008). Deterministische variabelen zijn variabelen waarbij over de waarde van de variabele geen twijfel mogelijk is. Dit wil echter niet zeggen dat er geen verandering mogelijk is. Een constante deterministische variabele is, alhoewel dit door de huidige maatschappelijke ontwikkelingen in twijfel kan worden getrokken, geslacht. Een variërende, maar wel nog steeds deterministische variabele, is leeftijd. Aan een stochastische variabele daarentegen kan je nooit met zekerheid een bepaalde waarde toekennen. Een voorbeeld hiervan is de graad waarin een bepaald personeelslid zich bevindt, maar ook het aantal kinderen dat een personeelslid heeft. Dit onderscheid is interessant om in beschouwing te nemen, maar heeft geen directe impact op de manier van opsplitsen.



### 2.3.2. VERKLARENDE VARIABELEN VOOR HETEROGENITEIT

Vooraleer de heterogene personeelsgroep kan worden opgesplitst in homogene subgroepen, is het belangrijk om de verklarende factoren van individuen, die de kans op bepaalde personeelstransities beïnvloeden, te bepalen. Guerry en Peeters halen in 2005 aan dat in principe alle eigenschappen waaruit de personeelsprofielen zijn opgebouwd, kunnen dienen als variabelen voor verdere opsplitsing in subgroepen. Echter leidt niet elke variabele noodzakelijk tot meer homogeniteit.

Als veel voorkomende verklarende variabelen halen Guerry en Peeters in 2005 leeftijd en geslacht aan. Ook in 2007 gebruikt Guerry leeftijd en geslacht als verklarende factoren voor heterogeniteit om haar theorie te demonstreren aan de hand van een voorbeeld. Wat betreft **geslacht**, ondervond Meitzen reeds in 1986 dat mannen minder snel de neiging hebben om hun job te verlaten dan vrouwen. Huang, Lin en Chuang bevestigen deze bevinding in 2006. Verder doet de karakteristiek geslacht ons denken aan het bekende concept van ‘glass ceiling’. Lyness en Judiesch merkten reeds in 1999 op dat vrouwen minder kans hebben om tot hoge managementfuncties op te klimmen dan mannen. In 2007 erkennen Arulampalam, Booth en Bryan dat er nog steeds verschillen zijn in kansen op promotie tussen mannen en vrouwen, waarbij de kans van mannen groter is. Aangaande **leeftijd**, stellen Jackson et al. in 1991 dat de uitstroom van personeel kleiner is bij oudere personeelsleden dan bij jongere personeelsleden. Zij verklaren dit door het onderzoek van Vroom en Pahl in 1971 die opmerken dat jongere personeelsleden meer risico’s durven nemen dan oudere. Dit impliceert dat leeftijd inderdaad een verklarende variabele voor de transitiekansen is aangezien ook de uitstroom van personeel hier deel van uitmaakt. Deze bevinding wordt in 2009 nogmaals bevestigd door Ng en Feldman. Daarenboven concluderen zij ook dat oudere vrouwen, wanneer de variabelen leeftijd en geslacht gecombineerd worden, zeker en vast binnen dezelfde organisatie willen blijven, omwille van vrees voor discriminatie op de arbeidsmarkt.

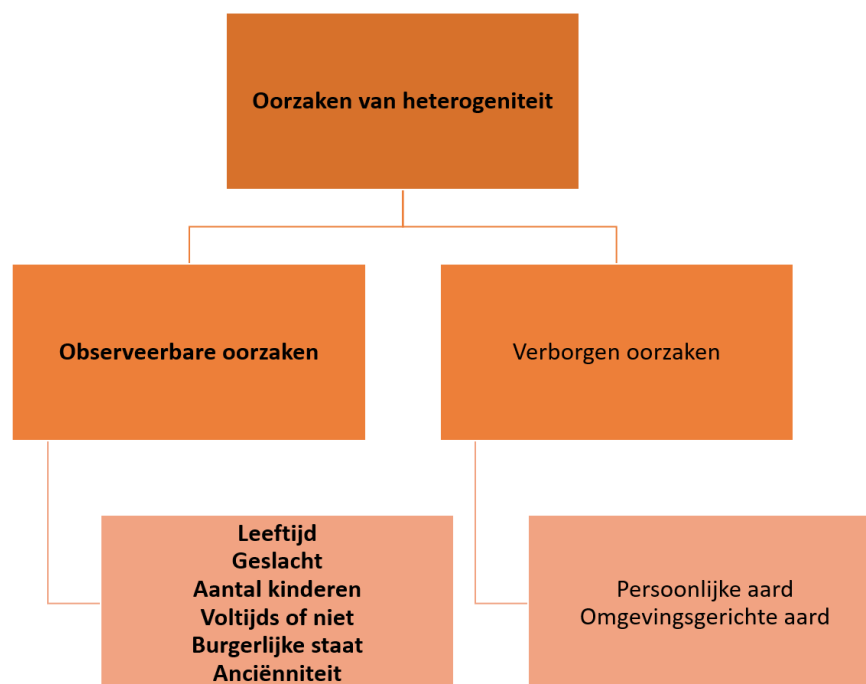
De Feyter gebruikt in 2006 als verklarende variabelen voor heterogeniteit naast geslacht niet leeftijd, maar het aantal kinderen alsook het feit of het personeelslid al dan niet voltijds werkt. Met betrekking tot **het aantal kinderen**, stelt Abselson in 1987 als hypothese dat personeelsleden met meer en jongere kinderen een organisatie sneller zullen verlaten dan individuen met minder en oudere kinderen, aangezien deze minder zorg vereisen. Uiteindelijk besluit hij in zijn onderzoek dat deze hypothese niet aanvaard kan worden. Betreffende het **al dan niet voltijds** werken, haalt Feldman in 1990 aan dat iemand die deeltijds werkt een organisatie sneller zal verlaten dan iemand die voltijds werkt. Thorsteinson (2003) daarentegen vindt geen significant verschil voor het verloop tussen personeelsleden die wel of niet voltijds werken. De database van De Feyter (2006) beschikt verder ook over de binaire variabele met betrekking tot de **leiderschapscapaciteiten** van een bepaald personeelslid. Hij is er zich van bewust dat deze variabele eerder subjectief is, maar besluit uiteindelijk dat deze toch een invloed heeft op de transitiekansen, samen met geslacht en het feit of een personeelslid al dan niet voltijds werkt.

Rombaut en Guerry halen in 2015 praktisch dezelfde variabelen aan als De Feyter in 2006, zijnde geslacht, burgerlijke staat, leeftijd en het al dan niet voltijds werken. Zij besluiten dat de variabelen die het meeste impact hebben op de heterogeniteit leeftijd en burgerlijke staat zijn. Omtrent **burgerlijke staat**, ondervonden Blau en Boal reeds in 1989 dat getrouwde individuen minder de neiging hebben om een organisatie vrijwillig te verlaten dan individuen die niet getrouwd zijn. Huang, Lin en Chuang bevestigen deze ondervinding nogmaals in 2006. De reden die zij hiervoor aanhalen is dat getrouwde individuen meer rekening moeten houden met familiale omstandigheden, zoals ook aangehaald door Blegen, Mueller en Price in 1988.

Guerry voegt in 2011 anciënniteit toe aan deze lijst. Inzake **anciënniteit**, ondervonden Ng en Feldman (2009) dat personeelsleden met een hoge anciënniteit minder snel de neiging hebben om de organisatie vrijwillig te verlaten, omwille van de geaccumuleerde voordelen, gelinkt aan hun anciënniteit.

Het is opmerkelijk dat al deze variabelen observeerbare variabelen zijn: het zijn variabelen die mogelijks zijn terug te vinden in een personeelsbestand. Zoals aangehaald zijn er ook verborgen variabelen, in rekening genomen door onder meer Guerry in 2011. Deze verborgen variabelen kunnen van persoonlijke of omgevingsgerichte aard zijn.

Ugwuowo en McClean gaven in 2000 een visueel overzicht van de oorzaken van heterogeniteit. In onderstaande figuur worden de variabelen, zoals hierboven aangehaald, op een gelijkaardige manier samengevat. Zoals reeds aangehaald in sectie 2.2.2, ligt de focus van deze masterproef op de observeerbare variabelen.



**FIGUUR 1: OORZAKEN VAN HETEROGENITEIT (BRON: UGWUOWO EN MCCLEAN, 2000)**

Concluderend kan worden gesteld dat al deze variabelen in overweging dienen genomen te worden voor de opsplitsing van een heterogene personeelsgroep naar homogene subgroepen. Dit impliceert echter niet dat al deze variabelen noodzakelijk voor elke organisatie significant zullen zijn, zoals aangehaald door onder andere Guerry en Peeters in 2005.

### 2.3.3. METHODEN VAN OPSPLITSING NAAR HOMOGENE SUBGROEPEN

De manier waarop de opsplitsing concreet dient te gebeuren krijgt minder aandacht in de literatuur. De meeste auteurs vertrekken in hun theorieën vanuit een bepaald aantal homogene subgroepen om op basis hiervan de transitiekansen te berekenen en hun model vervolgens te testen. Dit zonder weer te geven hoe de homogene groepen zijn bereikt alsook zonder na te gaan of deze groepen daadwerkelijk homogeen zijn. Toch zijn er enkele auteurs die hiervoor een methode ontwikkelden (De Feyter, 2006; Guerry, 2011; Guerry, 2008; Rombaut & Guerry, 2015). Belangrijk is te onthouden dat deze methoden enkel gelden voor de tijd-homogene Markovmodellen.

#### a. OPSPLITSING OP BASIS VAN OBSERVEERBARE VARIABELEN

De Feyter (2006) stelt een theoretisch stappenproces op waarbij de heterogene personeelsgroep wordt opgedeeld in homogene subgroepen op basis van observeerbare variabelen. Een eerste noodzakelijke stap is het opsplitsen van de heterogene personeelsgroep in de subgroepen waarbinnen de kansen op personeelstransities voorspeld wensen te worden, ook al verbetert dit in eerste instantie niet noodzakelijk de homogeniteit. Dit is veelal het opsplitsen in de verschillende graden waarin een personeelslid kan worden gepositioneerd, aangezien het uiteindelijke doel is om de toekomstige personeelsstructuur, met betrekking tot elke graad, te voorspellen. Een tweede stap is het bestuderen welke variabelen een verdere opsplitsing vereisen, noodzakelijk om meer homogene subgroepen te krijgen. Een derde stap is het analyseren van de homogeniteit van de gecreëerde subgroepen. Deze opsplitsing gaat verder totdat homogeniteit betreffende transitie binnen elke subgroep is bereikt. Een laatste stap is het nagaan of bepaalde subgroepen niet kunnen worden samengevoegd. Zo kan het zijn dat twee “onafhankelijke” subgroepen dezelfde kansen op bepaalde transities hebben. In dat geval kunnen beide tussentijdse subgroepen als één finale subgroep worden genomen. Indien deze laatste stap niet zou worden uitgevoerd, zou dit leiden tot overbodig veel subgroepen, dewelke de homogeniteit niet verbeteren. Daarenboven is het beter om grotere subgroepen te hebben, eerder dan kleinere, aangezien dit de betrouwbaarheid van de latere schattingen ten goede komt zoals zal worden verduidelijkt in sectie 2.3.4.

In wat volgt worden twee concrete methoden, op basis waarvan deze opsplitsing gerealiseerd kan worden, weergegeven.

## Opsplitsing op basis van een beslissingsboom

Rombaut en Guerry concretiseren in 2015 het stappenplan van De Feyter (2006) en gebruiken dit om een beslissingsboom op te stellen om op die manier homogene subgroepen te creëren. Deze beslissingsboom vertrekt vanuit de heterogene personeelsgroep en gaat deze groep telkens op basis van verklarende observeerbare variabelen opsplitsen in kleinere en meer homogene subgroepen. Er zijn twee vormen van beslissingsbomen: binaire en niet-binaire. Bij de binaire beslissingsboom worden telkens twee verdere opsplitsingen gemaakt terwijl dit er bij de niet-binaire beslissingsboom meer dan twee kunnen zijn. De focus van Rombaut en Guerry (2015) ligt, zoals bij de meeste auteurs, op de binaire beslissingsboom.

Om te weten op basis van welke variabelen de heterogene personeelsgroep moet worden opgesplitst, worden twee stappen doorlopen. Vooreerst wordt voor elke variabele afzonderlijk de beste opsplitsing bepaald. Voor sommige variabelen spreekt een bepaalde opsplitsing voor zich; zo is bij geslacht de opsplitsing meestal man en vrouw. Bij andere variabelen is dit niet zo voor de hand liggend, denk maar aan variabelen die meer dan twee waarden kunnen aannemen waaronder burgerlijke staat of leeftijd. Het aantal mogelijke binaire opsplitsingen is  $2^{k-1} - 1$  waarbij  $k$  het aantal waarden is die de variabele kan aannemen. In een tweede stap wordt uit alle mogelijke variabelen de opsplitsing gekozen die de meest voorspellende kracht heeft.

Een maatstaf voor het selecteren van de beste opsplitsing voor een welbepaalde variabele is de onzuiverheid van de variabele (Rombaut & Guerry, 2015). Hoe kleiner deze onzuiverheid, hoe beter. Er bestaan verschillende maatstaven om dit te meten. Rombaut en Guerry (2015) maken gebruik van de Gini maatstaf:

$$i(t) = 1 - \sum_{i=1}^k p(i|t)^2, \text{ waarbij}$$

- $i$  gelijk is aan de subgroep voor elke  $i = 1, 2, \dots, k$ ,
- $p(i|t)$  gelijk is aan de fractie van personeelsleden die zich op het tijdstip  $t$  in subgroep  $i$  bevinden.

In eerste instantie wordt een waarde  $i(N)$  van deze maatstaf berekend op basis van de fractie aan personeelsleden die promoveren en diegenen die niet promoveren. Wanneer vanuit die onzuiverheid  $i(N)$  vertrokken wordt, kan de winst  $\Delta$  bij een volgende split op basis van een bepaalde variabele berekend worden. Deze winst wordt als volgt berekend:

$$\Delta = i(N) - \sum_{j=1}^k \frac{|C_j|}{|N|} i(C_j), \text{ waarbij}$$

- $C$  de variabele is waarop de split is gebaseerd,
- $j$  gelijk is aan de waarde van de variabele,
- $k$  gelijk is aan het aantal mogelijke waarden waarin  $C$  kan worden opgesplitst. Indien gebruik wordt gemaakt van binaire opsplitsing, is  $k = 2$ ,

- $C_j$  het aantal personeelsleden voorstelt die voldoen aan de variabele  $C$  met waarde  $j$ ,
- $N$  het totale aantal personeelsleden is binnen de groep waaruit vertrokken wordt,
- $i(C_j)$  de onzuiverheid voor de variabele  $C$  met waarde  $j$  is.

Deze winst dient gemaximaliseerd te worden, opdat de onzuiverheid wordt geminimaliseerd. De formule wordt gebruikt in beide stappen. In stap 1 om te bepalen op welke binaire manier een variabele best kan worden opsplijst en in stap 2 om te bepalen welke variabele de meeste impact heeft op de homogeniteit. Dit proces gaat verder totdat homogene subgroepen worden bereikt die voldoende groot zijn om betrouwbare voorspellingen te maken (Guerry & Rombaut, 2015).

### Opsplitsing op basis van betrouwbaarheidsintervallen

Een andere techniek om te bepalen of een opsplitsing op basis van een bepaalde variabele de homogeniteit vergroot, is een betrouwbaarheidsinterval (BI). Hierbij wordt nagegaan of de overgangskansen significant verschillen tussen de subgroepen onderling op basis van een gekozen verklarende variabele. Hiervoor dient een betrouwbaarheidsinterval berekend te worden op basis van de transitiekansen alsook op basis van de stocks van de mogelijke subgroepen. Dergelijk betrouwbaarheidsinterval dient voor elke transitiemogelijkheid te worden opgesteld. Wanneer opnieuw wordt uitgegaan van een binaire opsplitsing, kan het betrouwbaarheidsinterval als volgt worden berekend (Moore & McCabe, 2005):

$$BI = \left[ -1.96 \sqrt{\frac{p_a(1-p_a)}{n_a-1} + \frac{p_b(1-p_b)}{n_b-1}}, 1.96 \sqrt{\frac{p_a(1-p_a)}{n_a-1} + \frac{p_b(1-p_b)}{n_b-1}} \right], \text{ waarbij}$$

- $a$  en  $b$  de waarde van de verklarende variabelen zijn voor de opsplitsing naar subgroepen, bijvoorbeeld man en vrouw voor de variabele geslacht,
- $p_a$  en  $p_b$  de geschatte kansen zijn dat personeelsleden met waarde  $a$  of  $b$  overgaan naar een bepaalde status,
- $n_a$  en  $n_b$  het aantal personeelsleden zijn in de betreffende groep met dergelijke karakteristieken.

Indien het verschil in percentage tussen beide mogelijke subgroepen in het betrouwbaarheidsinterval ligt, is het verschil niet significant en heeft deze opsplitsing geen relevante impact op de homogeniteit. Indien het verschil tussen de percentages buiten het betrouwbaarheidsinterval ligt, kan worden geconcludeerd dat het verschil significant is, waardoor de opsplitsing de homogeniteit vergroot. Het zijn deze variabelen die moeten worden opgenomen bij de opsplitsing naar homogene subgroepen.

Wanneer er verschillende relevante variabelen zijn, gebruiken Guerry en Peeters (2005) het binair opsplitsingsprocédé om te bepalen welke opsplitsing er dient gekozen te worden. Ze berekenen voor alle mogelijke opsplitsingen de transitiekansen en kiezen vervolgens die opsplitsing die het grootste verschil in transitiekansen tussen de subgroepen oplevert.

## b. OPSPLITSING OP BASIS VAN ZOWEL OBSERVEERBARE ALSOOK VERBORGEN VARIABELEN

---

Guerry (2011) houdt rekening met zowel de observeerbare alsook de verborgen oorzaken van heterogeniteit. Om hiermee om te gaan formuleert zij een twee-stappen procedure waarbij de observeerbare variabelen in de eerste stap worden verwerkt en de verborgen variabelen in de tweede stap. Voor de eerste stap wordt verwezen naar het proces van De Feyter (2006), zoals hiervoor uitgelegd. In de tweede stap worden ook de verborgen oorzaken van heterogeniteit verwerkt bij de gecreëerde subgroepen uit stap 1. Hierbij wordt elke subgroep verder opgesplitst in ‘movers’ en ‘stayers’. De ‘movers’ hebben op basis van verborgen variabelen een grotere kans om naar een andere subgroep door te stromen dan de ‘stayers’. Er zijn echter ook andere manieren om met deze verborgen variabelen om te gaan. Aangezien de focus van deze masterproef enkel op de observeerbare variabelen ligt, wordt voor dergelijke opsplitsing onder andere verwezen naar Goodman (1961).

### 2.3.4. EVENWICHT TUSSEN HOMOGENITEIT EN GROOTTE VAN DE SUBGROEPEN

Het doel van het opsplitsen in homogene subgroepen is dat de gecreëerde subgroepen voldoende homogeen zijn opdat elk personeelslid in een subgroep dezelfde kans op bepaalde transities heeft. Een belangrijke opmerking hierbij is dat deze groepen eveneens voldoende groot moeten zijn opdat de voorspellingen betrouwbaar blijven. Er moet dus een evenwicht worden gezocht tussen de homogeniteit en de grootte van de subgroepen (De Feyter, 2006). Hiervoor dienen twee aspecten te worden nagegaan, zijnde het bepalen van de minimale groepsgrootte alsook de mogelijkheid tot het samenvoegen van verschillende homogene subgroepen.

#### a. HET BEPALEN VAN DE MINIMALE GROEPSGROOTTE

---

Barlett, Kotrlik en Higgins stellen in 2001 een formule op die de minimale groepsgrootte bepaalt op basis van de Cochran formule, zijnde:

$$n = \left(\frac{z}{m}\right)^2 \hat{p}_{ij}(1 - \hat{p}_{ij}), \text{ waarbij} \quad (\text{Formule 1})$$

- $z$  de kritische waarde is die overeenstemt met de normaalverdeling bij een gegeven aanvaardbare foutenmarge  $m$  waarvoor men meestal rond de 5% kiest,
- $\hat{p}_{ij}$  de kans is dat een personeelslid in de tijdspanne  $[t-1, t]$  van subgroep  $i$  naar subgroep  $j$  overgaat.  $\hat{p}_{ij}$  is echter niet gekend bij het opsplitsen naar homogene subgroepen, maar indien  $\hat{p}_{ij}$  gelijk wordt gesteld aan 0,5 wordt de maximaal mogelijke waarde voor  $n$  bekomen.

Deze formule leidt echter vaak tot grote groepsgroottes wat het verder opsplitsen in homogene subgroepen belemmert. Omwille van die reden stelde Cochran een formule op die hiervoor corrigeert zoals aangehaald door Barlett et al. in 2001. Deze formule is de volgende:

$$n^* = \frac{n}{1+n/\text{populatie}} \quad (\text{Formule 2})$$

## b. HET SAMENVOEGEN VAN HOMOGENE SUBGROEPEN

Zoals aangehaald door De Feyter (2006), moet ook worden nagegaan of bepaalde homogene subgroepen niet kunnen worden samengenomen omdat hun transitiekansen niet significant verschillen. Ook dit kan worden nagegaan met behulp van een betrouwbaarheidsinterval (Guerry & Rombaut, 2017). De nulhypothese stelt dan dat de twee transitiekansen niet significant verschillen:

$$H_0: \hat{p}_{ik} = \hat{p}_{jk}, \quad \text{waarbij } i, j \text{ en } k \text{ verschillende homogene subgroepen zijn.}$$

Het betrouwbaarheidsinterval voor een significantieniveau van 5% is dan

$$BI = \left[ -1.96 \sqrt{\frac{p_{ik}(1-p_{ik})}{n_{i-1}} + \frac{p_{jk}(1-p_{jk})}{n_{j-1}}}, 1.96 \sqrt{\frac{p_{ik}(1-p_{ik})}{n_{i-1}} + \frac{p_{jk}(1-p_{jk})}{n_{j-1}}} \right]. \quad (\text{Formule 3})$$

Indien  $p_{ik} - p_{jk}$  in het betrouwbaarheidsinterval ligt, wordt de nulhypothese aanvaard en dienen subgroepen  $i$  en subgroep  $j$  samengenomen te worden aangezien hun transitiekansen niet significant verschillen. Ligt het verschil buiten het betrouwbaarheidsinterval, worden beide subgroepen behouden.

## 2.4. TRANSITIEKANSEN

Voor elke subgroep kan de transitiekans naar de andere subgroepen worden berekend. Dit wordt uitgedrukt als  $\hat{p}_{ij}$ , zijnde de kans dat een personeelslid uit subgroep  $i$  overgaat naar subgroep  $j$  in periode  $t$ , welke het tijdsinterval  $[t-1, t]$  omvat.

Veronderstel dat een personeelsbestand met  $T$  perioden beschikbaar is. De tijdslijn ziet er bijgevolg als volgt uit:



Reeds in 1957, ontdekten Anderson en Goodman de maximum likelihood schatter voor het tijd-homogeen Markovmodel:

$$\hat{p}_{ij} = \frac{\sum_{t=1}^T n_{ij}(t)}{\sum_{t=1}^T n_i(t-1)}, \quad \text{waarbij} \quad (\text{Formule 4})$$

- $n_{ij}(t)$  het aantal personeelsleden omvat die van subgroep  $i$  naar subgroep  $j$  zijn overgegaan binnen de tijdspanne  $[t-1, t]$ ,
- $n_i(t-1)$  het totale aantal personeelsleden in subgroep  $i$  omvat op het tijdstip  $t-1$ .

Op dezelfde manier kan  $w_i$ , de kans dat een personeelslid uit subgroep  $i$  de organisatie verlaat, berekend worden. Echter blijkt uit sectie 2.1.3 reeds dat  $w_i$  ook gelijk is aan  $1 - \sum_{j=1}^k p_{ij}(t)$ .

Al deze kansen worden samengenomen in een vierkante matrix  $\mathbf{P}$ , met  $k$  rijen en kolommen; waarbij  $k$  het totale aantal subgroepen omvat (Guerry & De Feyter, 2009).

## 2.5. VALIDATIE VAN EEN MARKOVMODEL

De focus van deze masterproef ligt op het tijd-homogeen Markovmodel. De validatie ervan betreft zowel het nagaan van de twee assumpties, aanvaard in sectie 2.2.3, alsook het nagaan van de voorspellingskracht van het Markovmodel.

### 2.5.1. ASSUMPTIES VOOR HET TIJD-HOMOGEEN MARKOVMODEL NAGAAN

Zoals blijkt uit sectie 2.2, worden twee assumpties verondersteld bij het opstellen van een tijd-homogeen Markovmodel. In realiteit houden beide assumptie echter niet steeds stand zoals ook Bartholomew et al. in 1991 opmerken. Echter vermelden ze meermaals dat het belangrijkste niet is of de hypothesen al dan niet voldoen aan de werkelijkheid, dan wel of ze voldoende realistisch zijn opdat het zinvol is om het gekozen model aan te wenden en toe te passen in de praktijk.

#### Assumptie 1: tijdsomogeniteit

Bij het selecteren van het tijd-homogeen Markovmodel in sectie 2.2.3, werd assumptie 1 betreffende tijdsomogeniteit aanvaard. Tijdsomogeniteit veronderstelt dat de transitiekansen constant zijn doorheen de tijd. Bartholomew et al. bespreken in 1991 een statistische methode om de assumptie van tijd-homogeniteit na te gaan. Hij gebruikt hiervoor de Chi-kwadraattest waarbij wordt nagegaan of de individuele transitiekansen per jaar significant verschillen van de uniforme verdeling waarbij de transitiekansen jaar na jaar dezelfde zijn.

De nulhypothese luidt als volgt: “de transitiekansen op basis van het personeelsbestand volgen een uniforme verdeling waardoor ze constant doorheen de tijd kunnen worden geacht”. In symbolen kan dit als volgt worden weergegeven:

$$H_0: \hat{p}_{ij}(t) = \hat{p}_{ij} \quad \forall t, \text{ waarbij}$$

- $t$  een bepaalde tijdspanne  $[t-1, t]$  is,
- $\hat{p}_{ij}(t)$  de geschatte kans is dat een personeelslid van subgroep  $i$  naar graad  $j$  overgaat, in de tijdspanne  $t$ ,
- $\hat{p}_{ij}$  de gemiddelde verwachte kans is dat een personeelslid van subgroep  $i$  naar subgroep  $j$  overgaat, berekend over alle  $T$  beschikbare tijdspannes.

Vervolgens moet een significantieniveau  $\alpha$  worden gekozen, dewelke meestal 1% of 5% bedraagt. De teststatistiek kan nadien als volgt worden berekend (Sales, 1971):

$$\chi^2(i) = \sum_t \sum_{J(i)} n_i(t-1) \frac{(\hat{p}_{ij}(t) - \hat{p}_{ij})^2}{\hat{p}_{ij}}, \text{ waarbij} \quad (\text{Formule 5})$$

- $J(i)$  alle waarden voor  $j$  zijn, waarbij  $p_{ij}$  strikt groter is dan nul,
- $n_i(t-1)$  het aantal personeelsleden zijn in groep  $i$  op het tijdstip  $t-1$ ,



- $p_{ij}(t)$  de kans is dat een personeelslid van subgroep  $i$  naar subgroep  $j$  overgaat, in de tijdspanne  $[t-1, t]$ ,
- $\hat{p}_{ij}$  de gemiddelde verwachte kans dat een personeelslid van subgroep  $i$  naar subgroep  $j$  overgaat, berekend over alle  $T$  beschikbare tijdspannes.

De bekomen waarde dient vergeleken te worden met de kritische  $\chi^2$ -waarde, terug te vinden in de tabel van de kritische  $\chi^2$ -waarden. Deze kritische waarde hangt af van het significantieniveau  $\alpha$ , alsook van het aantal vrijheidsgraden, zijnde  $(T-1)(m(i)-1)$ . Hierbij is  $m(i)$  het aantal mogelijke transities, vertrekkende uit subgroep  $i$ . Indien de berekende  $\chi^2$ -waarde kleiner is dan de kritische waarde, wordt de nulhypothese aanvaard. De test levert ook een p-waarde op; indien deze p-waarde groter is dan het significantieniveau, wordt eveneens de nulhypothese aanvaard en kan ook de assumptie van tijdshomogeniteit worden aanvaard (De Pelsmacker & Van Kenhove, 2014). Indien dit niet het geval is, is het tijd-homogeen Markovmodel niet het correcte model in deze specifieke situatie.

### **Assumptie 2: afwezigheid van duratie-effecten**

Bij het tijd-homogeen Markovmodel, uit sectie 2.2.3, werd ook assumptie 2 betreffende de afwezigheid van duratie-effecten, aanvaard. Dit impliceert dat de transitiekans van een personeelslid niet beïnvloed wordt door zijn of haar gehele anciënniteit. Of deze effecten al dan niet aanwezig zijn, zou reeds tot uiting moeten zijn gekomen bij de opsplitsing in homogene subgroepen. Indien deze effecten significant zouden zijn, zou de anciënniteit namelijk een variabele zijn geweest die zorgt voor een verdere opsplitsing in homogene subgroepen zoals werd weergegeven in figuur 1. Hiscott stelde in 1981 een Chi-kwadraattest voor die nagaat of dergelijke duratie-effecten al dan niet aanwezig zijn. Blijken duratie-effecten toch aanwezig te zijn, dan zijn er twee mogelijkheden (Guerry & Carette, 2017). De eerste optie is om de variabele, dewelke het duratie-effect verklaart, mee op te nemen als verklarende variabele in het model. In dat geval kan worden verder gewerkt met het tijd-homogeen Markovmodel. De tweede optie is om te werken met het Semi-Markovmodel, zoals uitgelegd in sectie 2.2.3.

### **2.5.2. VOORSPELLINGSKRACHT VAN HET MODEL NAGAAN**

Bartholomew et al. vermelden in 1991 twee mogelijkheden waarmee de validiteit van een model op basis van historische data kan worden nagegaan; namelijk de interne en predictieve validiteit.

Voor **de interne validiteit** worden de parameters van het Markovmodel geschat op basis van de data over alle beschikbare periodes  $[t-1, t]$ , waarbij  $t = 1, \dots, T$ . Wanneer de stockvector voor  $t = 1$  gekend is, kan op basis van de geschatte parameters de personeelsstructuur voor alle daaropvolgende tijdstippen worden voorspeld. Vervolgens kunnen deze geschatte personeelsstructuren voor  $t = 2, \dots, T$ , worden vergeleken met de werkelijke personeelsstructuur op het overeenstemmend tijdstip (Bartholomew et al., 1991). Het nadeel van deze methode is dat dezelfde data wordt gebruikt om de parameters van het model te schatten en het model te valideren.

Bij de **predictieve validiteit** daarentegen wordt het personeelsbestand verdeeld in twee subsets. De eerste subset bestaat uit de periodes  $[t-1, t]$  met  $t = 1, \dots, m$  en de tweede subset omvat de periodes waarbij  $t = m+1, \dots, T$ . De eerste subset wordt gebruikt om de parameters te schatten. Met behulp van deze parameters worden de personeelsstructuren van de tweede subset ingeschat, startend van de gegeven personeelsstructuur op tijdstip  $t = m$ . Ook hier worden vervolgens de geschatte personeelsstructuren vergeleken met de werkelijke personeelsstructuur op overeenstemmende tijdstippen (Bartholomew et al., 1991).

Guerry en De Feyter vermelden in 2009 ook beide methoden en voegen hieraan toe dat een Chi-kwadraattest kan worden uitgevoerd om te kijken in welke mate kan worden aanvaard dat de geschatte personeelsstructuur niet significant afwijkt van de werkelijke personeelsstructuur.

$H_0$ : *De voorspelde en werkelijke stocks verschillen niet significant van elkaar*

Dergelijke teststatistiek kan als volgt berekend worden (De Pelsmacker & Van Kenhove, 2014):

$$\chi^2 = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n \frac{(n_i(t) - \hat{n}_i(t))^2}{\hat{n}_i(t)}, \text{ waarbij} \quad (\text{Formule 6})$$

- $n_i(t)$  de werkelijke stock van functiegroep  $i$  op tijdstip  $t$  omvat en
- $\hat{n}_i(t)$  de geschatte stock van functiegroep  $i$  op tijdstip  $t$  omvat.

De teststatistiek wordt vervolgens vergeleken met de waarde van de kritische  $\chi^2$ -waarde voor een bepaald significantieniveau  $\alpha$  en het aantal vrijheidsgraden  $(T-1)(n-1)$ . Indien de berekende  $\chi^2$  kleiner is dan de kritische  $\chi^2$ , kan de nulhypothese worden aanvaard en kan aldus worden gesteld dat het model intern of predictief valide is.

## 2.6. VOORSPELDE TOEKOMSTIGE PERSONEELSSTRUCTUUR

Guerry en De Feyter definiëren in 2009 het uiteindelijke doel van het Markovmodel als “het analyseren hoe een bepaald systeem zou evolueren naar de toekomst toe indien de huidige strategieën onveranderd zouden blijven naar de toekomst toe” (p. 6). Deze inzichten kunnen nuttig zijn bij het evalueren of de huidige personeelsstrategieën, dewelke zich vertalen in onder meer  $R(t)$  en  $r_i, p_{ij}$  alsook  $w_i$ , geschikt zijn naar de toekomst toe. Reeds in 1971 stelde Bartholomew een formule op, dewelke het aantal personeelsleden in subgroep  $j$  op tijdstip  $t$  tracht te voorspellen:

$$n_j(t) = \sum_{i=1}^k n_i(t-1)p_{ij} + R(t)r_j, \text{ waarbij} \quad (\text{Formule 7})$$

- $n_i(t-1)$  het aantal personeelsleden in subgroep  $i$  is op het tijdstip  $t-1$ ,
- $p_{ij}$  de kans is dat een personeelslid van subgroep  $i$  naar subgroep  $j$  overgaat, in de tijdspanne  $[t-1, t]$ ; merk op dat  $w_i$  hier geen onderdeel van uitmaakt,
- $R(t)$  het totale aantal nieuw aangeworven personeelsleden is in de tijdspanne  $[t-1, t]$ ,

- $r_j$  de kans is dat een nieuw personeelslid in subgroep  $j$  terechtkomt.

Indien ervan wordt uitgegaan dat  $R(t)$  een constante  $R$  is, bewijzen Bartholomew et al. in 1991 dat de personeelsstructuur van de organisatie er na  $t$  tijdstippen als volgt zal uitzien:

$$n(t) = n(0)P^t + Rr(I + P + P^2 + \dots + P^{t-1}), \text{ waarbij}$$

- $n(0) = (n_1(0), \dots, n_k(0))$ , de stockvector op tijdstip 0,
- $P = (p_{ij})$ , de matrix van transitiekansen,
- $R$  het constant totale aantal rekruteringen weergeeft,
- $r = (r_1, \dots, r_k)$ , de recruteringsvector.

Hierop verder gaand tonen Bartholomew et al. tevens in 1991 aan dat de stockvector van diezelfde organisatie er als volgt zal uitzien wanneer de organisatie een bepaalde groeivoet voor ogen heeft:

$$n(t) = n(t-1)(P + w'r) + gN(t-1)r, \text{ waarbij} \quad (\text{Formule 8})$$

- $n(t-1)$  het aantal stocks op tijdstip  $t-1$  is, opgedeeld per homogene subgroep,
- $P$  de transitie matrix is dewelke onveranderd blijft,
- $w'$  de kans weergeeft dat een bepaald personeelslid de organisatie verlaat,
- $r$  de recruteringsvector is,
- $g$  de gewenste groeivoet is en
- $N(t-1)$  het totaal aantal personeelsleden op tijdstip  $t-1$ .

Hiermee wordt een stockvector met  $k$  elementen bekomen waarbij elk element het aantal personeelsleden weergeeft in subgroep  $i$ , met  $i$  gaande van 1 tot en met  $k$ .

## 2.7. CONGRUENTIE TUSSEN DE VOORSPELDE EN DE GEWENSTE PERSONEELSSTRUCTUUR

Het uiteindelijke doel van manpower planning is om de voorspelde personeelsstructuur te vergelijken met de personeelsstructuur die de organisatie wenst te bekomen in de toekomst (De Feyter, 2006). Hiervoor dient in deze stap vooreerst de gewenste personeelsstructuur te worden bepaald. Ten tweede zijn inzichten nodig in de mogelijke alternatieven die kunnen worden aangewend om de voorspelde personeelsstructuur zo goed mogelijk te laten overeenstemmen met de gewenste personeelsstructuur. Tenslotte dient het beste alternatief te worden geselecteerd.

### 2.7.1. BEPALEN VAN GEWENSTE PERSONEELSSTRUCTUUR

De gewenste personeelsstructuur van een organisatie wordt beschouwd als de gewenste verdeling van het aantal personeelsleden in elke subgroep *i*. Deze structuur bepalen is een erg complex proces; toch wordt het door weinig auteurs aangehaald.

Nielsen en Young halen in 1973 aan dat de nood aan toekomstig personeel afhangt van verschillende aspecten. Hierbij vallen sommigen onder de controle van de organisatie, anderen dan weer niet. Een aangehaald aspect, onder de controle van de organisatie, is het feit dat de nood aan toekomstige arbeidskrachten afhangt van hun toekomstig productie- en verkoopplan. Deze hangen samen met de verwachte groei, alsook de evolutie in de productiviteit van de arbeidskrachten zelf. Ook nieuwe interne beleidsmaatregelen en aangepaste doelstellingen moeten in acht worden genomen, samen met de mogelijke veranderingen in de structuur van de organisatie. Factoren die niet onder de controle van de organisatie vallen, zijn bijvoorbeeld wijzigingen in de wetgeving of veranderingen in het economisch klimaat, waartoe de business cyclus behoort.

### 2.7.2. AFTOETSEN VAN ALTERNATIEVE STRATEGIEËN

Opdat de voorspelde personeelsstructuur zou congrueren met de gewenste personeelsstructuur stellen Nielsen en Young (1973) dat hiervoor mogelijks doelstellingen en beleidsmaatregelen moeten worden aangepast. De meeste aspecten die hierbij worden bijgestuurd zijn aanwerving, training alsook het intern promotiebeleid. De Feyter haalt in 2006 ook deze vormen van acties aan om de vraag naar en het aanbod aan personeel over te laten stemmen. Nielsen en Young (1973) vermelden dat de impact van dergelijke beleidsmaatregelen op de toekomstige personeelsstructuur met eenzelfde methode en formule als de voorspelde personeelsstructuur kan worden afgetoetst. Echter wordt ditmaal, anders dan van de historische data, gebruik gemaakt van verschillende hypothesen om de parameters van het Markovmodel te berekenen. Dit maakt het mogelijk een inzicht te krijgen in de verschillende alternatieve strategieën die door het HRM-beleid kunnen worden gehanteerd.

Guerry en Peeters bespreken in 2005 een gelijkaardige methode waarbij ze de ‘*what-if*’ analyse aanhalen. Hierbij wordt de vraag gesteld wat er gebeurt als bepaalde veronderstellingen worden gewijzigd. Hiervoor worden verschillende alternatieve strategieën geïmplementeerd in het Markovmodel, opgesteld op basis van sectie 2.2, om vervolgens de impact hiervan op de personeelsstructuur na te gaan. Zo kan bijvoorbeeld worden nagegaan of een bepaalde alternatieve strategie resulteert in een toekomstige personeelsstructuur die dichter aanleunt bij de gewenste personeelsstructuur, dan wanneer de strategieën ongewijzigd blijven.

### 2.7.3. SELECTEREN VAN DE BESTE STRATEGIE

Guerry en Peeters (2005) besluiten dat op basis van deze analyse de kwaliteit van verschillende alternatieve strategieën kan worden vergeleken om uiteindelijk de strategie te kiezen die het beste resultaat oplevert, wat betreft de doelstelling naar de gewenste personeelsstructuur toe.

Om de congruentie tussen de voorspelde en de gewenste personeelsstructuur te bereiken, zijn twee concepten erg belangrijk, namelijk ‘attainability’ en ‘maintainability’ (Nielsen & Young, 1973). Deze termen werden in 1973 gedefinieerd door Davies; attainability draait om het bereiken van de gewenste personeelsstructuur door eventueel bepaalde strategieën te wijzen en maintainability om het in staat zijn om deze gewenste personeelsstructuur te behouden.

Om zowel de attainability alsook de maintainability te bereiken, zijn de kosten, die gepaard gaan met bepaalde strategieën, een belangrijke factor. In 2002 halen Georgiou en Tsantas dan ook aan dat de kost-effectiviteit van alternatieve strategieën in rekening moet worden gebracht. Om de gewenste personeelsstructuur te bekomen, kan het immers wenselijk zijn om nieuw personeel aan te werven of om bestaand personeel te trainen, maar hieraan is steeds een kost verbonden. Ook Dimitriou et al. vermelden in 2013 dat er moet getracht worden om de kost onder een vastgesteld budget te houden en tegelijk de gewenste personeelsstructuur zo goed mogelijk te benaderen. De Feyter en Guerry merken hierbij in 2016 op dat het doel uiteindelijk zou moeten zijn om de kost te minimaliseren alsook de mate waarin de gewenste personeelsstructuur wordt bereikt te maximaliseren. Hiervoor gebruiken ze optimalisatiemodellen die het personeel efficiënt inzetten opdat de nodige werkkraft steeds is voorzien, maar die tegelijk rekening houden met legale en contractuele voorwaarden alsook met persoonlijke voorkeuren.

## 3. ONDERZOEKSKADER

Dit hoofdstuk beschrijft vooreerst het onderzoeksprobleem. Het vertrekpunt hiervoor is de theoretische achtergrond die werd verkregen op basis van de kritische literatuurstudie. Hoe dit onderzoeksprobleem concreet zal worden aangepakt, is vervolgens terug te vinden in de onderzoeksopzet.

### 3.1. ONDERZOEKSPROBLEEM

Reeds in 1973 haalden Nielsen en Young twee problemen aan die volgens hen door personeelsmanagers worden ervaren. Een eerste probleem is dat er steeds wordt gezocht naar meer complexe methoden om een efficiënt manpower planningsbeleid te voeren, terwijl managers eerder nood hebben aan de vereenvoudiging van bestaande methoden opdat ze deze zelf kunnen toepassen in concrete situaties. Het tweede probleem is dat veel auteurs bij alle methoden de focus leggen op het wiskundig aspect van manpower planning met weinig aandacht voor het gehele proces. Deze mathematische focus gaat dieper dan voor deze managers uiteindelijk nodig is waardoor deze opnieuw niet in staat zijn om deze methoden zelf toe te passen.

Op basis van de recentere literatuur kan worden afgeleid dat beide problemen betreffende manpower planning nog steeds in zekere mate aanwezig zijn. Zo is de analyse omtrent Markovmodellen begonnen met een formule bij Anderson en Goodman in 1957 dewelke in 1991 werd uitgewerkt tot een model door Bartholomew et al. Deze relatief eenvoudige modellen zijn doorheen de jaren geëvolueerd tot meer complexe varianten, besproken door onder meer McClean et al. in 1997, Ugwuowo en McClean in 2000, Guerry en De Feyter in 2009 alsook door Dimitriou et al. in 2013 en 2014. Dit toont aan dat het eerste probleem, zoals vermeld door Nielsen en Young in 1973, nog steeds merkbaar is. Ook het door hen aangehaalde tweede probleem werd door andere auteurs in de recentere literatuur nog niet aangepakt. Zo wordt bij de verschillende types van Markovmodellen nog steeds erg diep ingegaan op de wiskunde aspecten ervan en weinig op de praktische toepassing ervan.

Verder blijkt uit de literatuurstudie dat ook andere aspecten van manpower planning, belangrijk voor een efficiënte omgang met personeelstransities, afzonderlijk en steeds door verschillende auteurs worden behandeld. Dit maakt het efficiënt kunnen toepassen van een manpower planningsbeleid zeer complex aangezien er geen volledig overzicht is, wat het eerste probleem van Nielsen en Young uit 1973 nogmaals bevestigt. Zo onderzoeken De Feyter (2006), Rombaut en Guerry (2015) en Guerry (2011) het opsplitsen van een heterogene personeelsgroep in meer homogene subgroepen. Als vertrekpunt van manpower planning is deze stap erg belangrijk; toch blijft het weinig besproken in de literatuur. De validatie van Markovmodellen werd bondig besproken bij Sales in 1971 en bij Hiscott in 1981. Echter kwam dit daarna praktisch niet meer aan bod in de literatuur, behalve bij Guerry en De Feyter in 2009. Hetzelfde geldt voor de manier waarop de congruentie tussen de voorspelde en de gewenste personeelsstructuur theoretisch kan worden bereikt; Nielsen en Young kaarten dit aan in 1973. Nadien duurde het tot 2002 voor het opnieuw werd aangehaald door Georgiou en Tsantas en vervolgens ook in 2005 door Guerry en Peeters. Hoe deze congruentie in de praktijk dient te gebeuren kan nog steeds niet uit de literatuur worden afgeleid.

Tenslotte wordt in de bestaande literatuur voor deze verschillende aspecten omtrent manpower planning vaak gebruik gemaakt van hypothetische databases en niet gevalideerde veronderstellingen. Dit om theoretische wiskundige bevindingen aan te tonen, waardoor ook hier door de complexiteit praktische toepassingen moeilijk af te leiden zijn. Dit is onder meer het geval bij de bevindingen van McClean in 1991, maar ook later bij Ugwuowo en McClean in 2000, alsook bij Dimitriou et al. in 2013 en 2014. Het bovenstaande sluit eveneens aan bij het tweede probleem van Nielsen en Young in 1973.

Concluderend kan gesteld worden dat ondanks de vele literatuur omtrent de verschillende individuele aspecten van manpower planning en het blijvend onderzoek naar complexere methoden, in eerste instantie een volledig stappenplan ontbreekt. Dit stappenplan is nodig om een overzicht te bieden waarop organisaties zich kunnen beroepen om een effectief manpower planningsbeleid te voeren om uiteindelijk de gewenste personeelsstructuur binnen hun organisatie te bekomen. Verder is ook de afwezigheid van een praktische casestudie, gebaseerd op dergelijk stappenplan, een groot gemis voor het management. Een dusdanige casestudie is nodig opdat de complexiteit van de wiskundige modellering eenvoudig kan worden voorgesteld zodat ook de managers in staat zijn deze mathematische modellen in de praktijk toe te passen.

### 3.2. ONDERZOEKSOPZET

De focus van het onderzoek is omwille van bovenstaande redenen tweeledig.

De onderzoeksvraag luidt aldus: *“Het realiseren van een gewenste personeelsstructuur door het efficiënt omgaan met personeelstransities met behulp van Markovmodellen: een PDCA-stappenplan met casestudie.”*

#### a. EEN PDCA-STAPPENPLAN

---

In een eerste fase zal een PDCA-stappenplan (Plan-Do-Check-Act) ontwikkeld worden. Dit zal de theoretisch verschillende stappen van manpower planning weergeven opdat het human resource management de gewenste personeelsstructuur kan bereiken. Een belangrijke mijlpaal is het selecteren van het gepaste Markovmodel. Voor deze selectie zal een eenvoudige procedure worden voorgelegd. De stap waarbij de heterogene personeelsgroep wordt opgesplitst naar verschillende homogene subgroepen zal uitgebreid aan bod komen. Ook de validatie van het voorgestelde Markovmodel zal in detail worden besproken. De methodologie en resultaten van deze fase zijn terug te vinden in sectie 4.

Deze studie is aanvullend voor de literatuur aangezien het de verschillende aspecten van manpower planning samenbundelt in één volledig stappenplan. Dit stappenplan zal een meerwaarde bieden voor de HRM-managers die dergelijk mathematisch manpower planningsbeleid wel willen uitvoeren, maar momenteel niet weten welke procedures ze hiervoor moeten doorlopen. Het stappenplan zal bovendien vertaald worden in een draaiboek met fiches, die voor het HRM-beleid eenvoudig toepasbaar zijn in de praktijk. De uitwerking van dit draaiboek is terug te vinden in sectie 6.

## b. EEN CASESTUDIE

---

In een tweede fase zal dit PDCA-stappenplan worden gedemonstreerd aan de hand van een casestudie. Er wordt vertrokken van een bestaand personeelsbestand waarbij elke stap van het stappenplan zorgvuldig wordt doorlopen. Gedurende de hele casestudie zal het wiskundig aspect gereduceerd worden tot het minimale; enkel wat effectief nodig is om het proces te doorlopen komt aan bod en zal uitvoerig worden toegelicht. Verder wordt ook steeds een aanzet gegeven tot mogelijke interpretatie van de bekomen resultaten. De methodologie en de eigenlijke resultaten van de casestudie komen aan bod in sectie 5.

Deze casestudie zal een meerwaarde leveren voor HRM-managers doordat zij zien hoe manpower planning met behulp van Markovmodellen concreet binnen een organisatie kan worden gevoerd. De voorbeelden uit de casestudie zullen aan de fiches worden toegevoegd, terug te vinden in sectie 6.

## 4. PDCA-STAPPENPLAN VOOR MANPOWER PLANNING

### 4.1. METHODOLOGIE

Voor het ontwikkelen van het PDCA-stappenplan werd volledig beroep gedaan op de literatuurstudie uit sectie 2. Deze literatuur wordt gebundeld tot een overzichtelijk geheel dewelke een theoretisch stappenplan biedt voor het voeren van een efficiënt manpower planning beleid. Elke stap wordt bovendien visueel voorgesteld aan de hand van een overzichtelijke figuur.

### 4.2. RESULTATEN

Zoals blijkt uit de literatuur, is het doel van manpower planning om de toekomstige personeelsstructuur, voorspeld op basis van het Markovmodel, te vergelijken met de gewenste personeelsstructuur. Bijgevolg kunnen HRM-strategieën worden aangepast opdat de voorspelde personeelsstructuur zo dicht mogelijk aansluit bij de gewenste personeelsstructuur (McClellan, 1991). Dit impliceert eigenlijk een proces waarbij gekeken wordt naar de planning van de arbeidskrachten en bepaalde beslissingen met betrekking tot personeelstransities worden genomen. De resultaten die hieruit voortvloeien worden vervolgens gecontroleerd om nadien doelgericht actie te ondernemen door bepaalde strategieën mogelijks te wijzigen.

Dit proces stemt in essentie overeen met een PDCA-cyclus: Plan – Do – Check – Act (Sokovic, Pavletic & Pipan, 2010). Vandaar werd gekozen voor de term: PDCA-stappenplan.

Het PDCA-stappenplan, afgeleid uit de literatuurstudie, wordt weergegeven in figuur 2. Er wordt hierbij gefocust op zeven belangrijke stappen die moeten worden doorlopen om een effectief manpower planningsbeleid te voeren. Deze stappen zullen in wat volgt kort worden toegelicht.





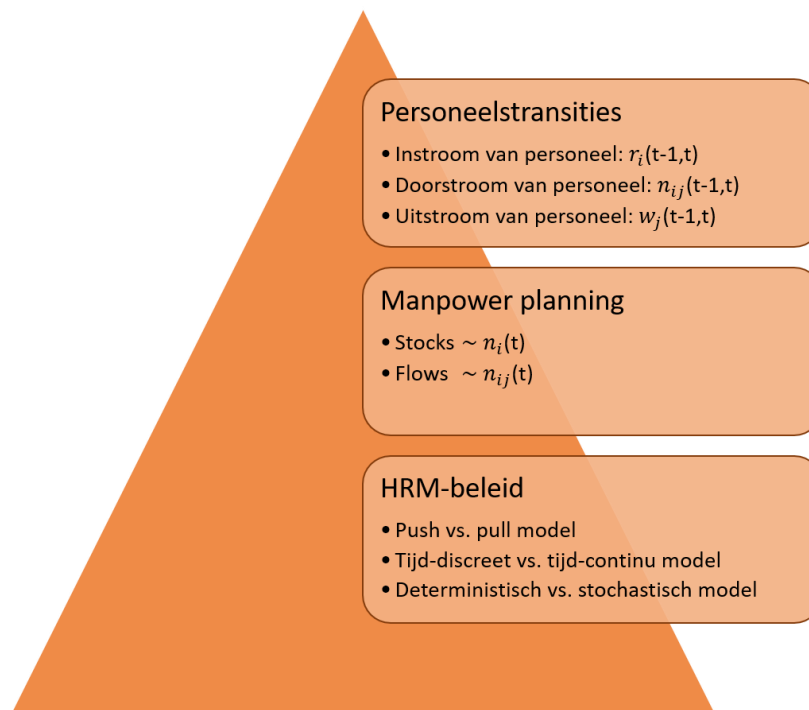
**FIGUUR 2: PDCA-STAPPENPLAN VOOR MANPOWER PLANNING O.B.V. DE LITERATUURSTUDIE**

De eerste stap, met name het modelleren van het HRM-beleid, inclusief het aspect manpower planning, vormt de Plan-fase; er wordt namelijk gepland welk beleid, en aldus welke strategieën, het management hanteert met betrekking tot de personeelstransities. De tweede, derde en vierde stap omvatten de Do-fase; er worden concrete handelingen uitgevoerd om in staat te zijn de toekomstige personeelsstructuur te voorspellen. In de vijfde stap wordt gecontroleerd of de ondernomen handelingen correct waren, wat impliceert dat de Check-fase wordt doorlopen. De cyclus eindigt vervolgens met stap zes en zeven, dewelke de Act-fase vormen. In deze stappen wordt de toekomstige personeelsstructuur effectief voorspeld en worden bepaalde acties ondernomen opdat de voorspelde en gewenste personeelsstructuur zo dicht mogelijk tegen elkaar aanleunen. Dit wordt gerealiseerd door eventueel bepaalde strategieën uit de eerste stap aan te passen.

#### 4.2.1. MODELLEREN VAN HET HRM-BELEID, INCLUSIEF MANPOWER PLANNING

De eerste stap van het PDCA-stappenplan omvat het modelleren van het HRM-beleid, inclusief het mathematische aspect van manpower planning. Op basis van de bestaande literatuur werd figuur 3 opgesteld. Deze piramide duidt de belangrijke onderdelen van het HRM-beleid aan, dewelke grondig dienen bestudeerd te worden.

In eerste instantie moet het HRM-beleid zelf worden gemodelleerd om te weten welke strategieën omtrent personeelsbeleid dat de organisatie in kwestie beoogt te hanteren. Er moet worden nagegaan of deze organisatie push- of pull-transities hanteert, of de transities tijd-discreet of tijd-continu gebeuren alsook of de transities deterministisch dan wel stochastisch zijn. Zoals aangehaald in sectie 2.2 van de literatuurstudie hebben deze namelijk een impact op het type Markovmodel dat dient te worden toegepast. Vervolgens dient het manpower planningsbeleid te worden geanalyseerd met betrekking tot de stocks en flows van het huidig personeelsbestand. Tenslotte ligt de concrete focus op de mogelijke personeelstransities en de verwachtingen hiervan naar de toekomst toe; het gaat hierbij om de instroom, doorstroom en uitstroom van personeel.



FIGUUR 3: MODELLEREN VAN HET HRM-BELEID, INCLUSIEF MANPOWER PLANNING O.B.V. DE LITERAATUURSTUDIE

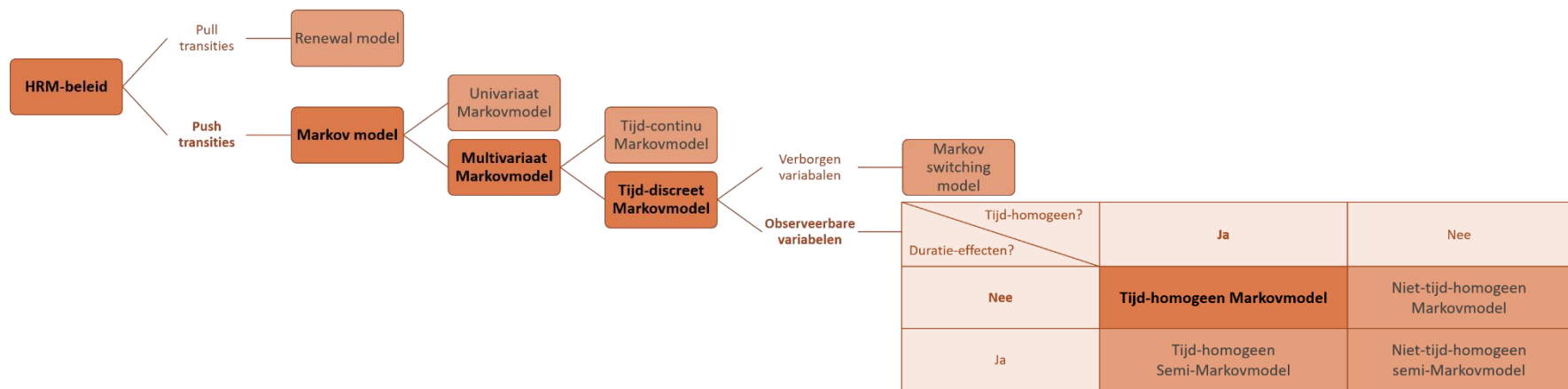
#### 4.2.2. SELECTEREN VAN EEN MARKOVMODEL

In een tweede stap dient een correct model te worden geselecteerd op basis van verschillende fases die dienen te worden doorlopen. Deze procedure is schematisch weergegeven in figuur 4. Aangezien de focus van deze masterproef ligt op het tijd-homogeen Markovmodel, is het proces dat hiertoe leidt duidelijk geaccentueerd.

Vooreerst dient, op basis van het voorgaand gemodelleerd HRM-beleid, te worden nagegaan of het Markovmodel voor de organisatie in kwestie geschikt is om toe te passen. Indien de organisatie pull transitie hanteert, zijn Markovmodellen niet aangewezen moet worden overgeschakeld naar Renewal modellen. Indien push transitie worden toegepast, is een Markovmodel een geschikte tool om een efficiënt manpower planningsbeleid te voeren.

Indien een Markovmodel geschikt blijkt, dienen vervolgens enkele afwegingen gemaakt te worden die bepalen welke type Markovmodel het best in de concrete situatie past. In eerste instantie moet worden nagegaan of het eenvoudigere univariaat Markovmodel volstaat of dat een multivariaat Markovmodel dient te worden gehanteerd. In het laatste geval, moet vervolgens de keuze te worden gemaakt tussen het tijd-continu of tijd-discreet Markovmodel. Bij het tijd-discreet Markovmodel moet vervolgens worden besloten of met zowel observeerbare alsook verborgen variabelen zal worden gewerkt, of dat enkel de observeerbare variabelen in beschouwing worden genomen.

Tenslotte, wanneer enkel de observeerbare variabelen in rekening worden gebracht, dient te worden geanalyseerd in welke mate twee assumpties aanvaardbaar zijn zodat de voorspellingen nog steeds accuraat zijn. Het betreft de assumptie van tijd-homogeniteit alsook de assumptie van de afwezigheid van duratie-effecten. Indien beide assumpties worden bevestigd, kan verder worden gewerkt met een tijd-homogeen Markovmodel; de focus van deze masterproef.

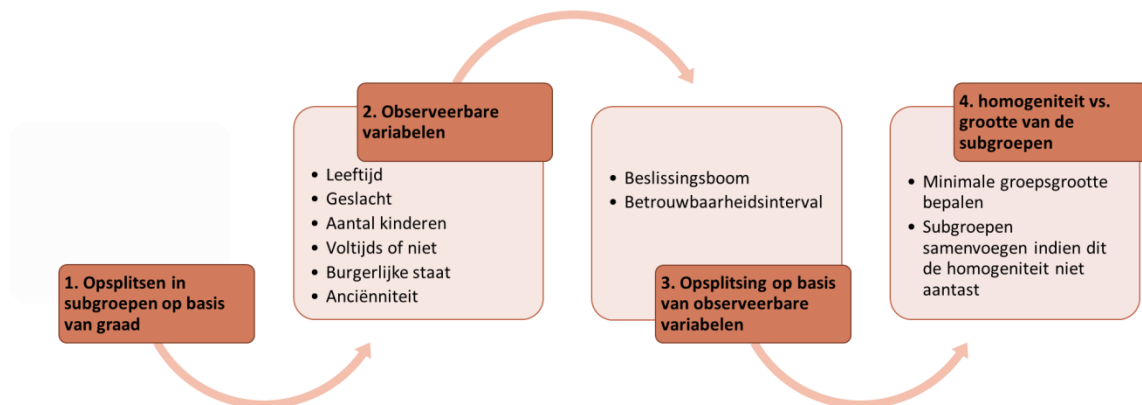


FIGUUR 4: SELECTEREN VAN EEN MARKOVMODEL O.B.V. DE LITERATUURSTUDIE

#### 4.2.3. OPSPLITSEN VAN EEN HETEROGENE PERSONEELSGROEP IN HOMOGENE SUBGROEPEN

In de derde stap wordt de heterogene personeelsgroep opgesplitst in meer homogene subgroepen. Dit proces is eenvoudig weergegeven in figuur 5. De focus ligt hierbij op het tijd-homogeen Markovmodel dat enkel rekening houdt met observeerbare variabelen.

Vooreerst moet de heterogene groep aan personeelsleden worden opgesplitst in de subgroepen waarvoor de transitiekansen wensen berekend te worden. In de meeste gevallen resulteert dit in het opsplitsen naargelang de graad waar het personeelslid zich bevindt. Vervolgens moet worden nagegaan welke variabelen, besproken in de literatuur in sectie 2.3.2, in het personeelsbestand aanwezig zijn en aldus welke eventueel kunnen worden aangewend om de subgroepen verder te bepalen. Om na te gaan of een opsplitsing op basis van een observeerbare variabele een relevante bijdrage levert aan de homogene subgroepen worden twee mogelijke methoden voorgesteld: een beslissingsboom alsook het betrouwbaarheidsinterval. Indien een variabele een significante bijdrage levert aan de homogeniteit, wordt dit een verklarende variabele genoemd. Tenslotte dient, op basis van formules 1 en 2 voor minimale groeps grootte uit sectie 2.3.4, te worden nagegaan of de homogene subgroepen voldoende groot zijn alsook of er niet de mogelijkheid bestaat om bepaalde tijdelijke subgroepen samen te nemen opdat de betrouwbaarheid van de schattingen zou verhogen. Deze mogelijkheid doet zich voor wanneer de transitiekansen van beide subgroepen relatief gelijkaardig zijn, wat kan worden nagegaan op basis van een betrouwbaarheidsinterval, zoals weergegeven in formule 3 uit sectie 2.3.4.

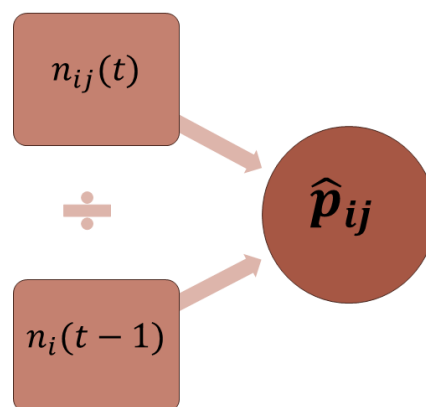


FIGUUR 5: OPSPLITSEN VAN EEN HETEROGENE PERSONEELSGROEP IN HOMOGENE SUBGROEPEN O.B.V. DE LITERAATUURSTUDIE

#### 4.2.4. INSCHATTEN VAN TRANSITIEKANSEN

Nadat de homogene subgroepen zijn bepaald, kunnen de transitiekansen op basis van formule 4 uit sectie 2.4 worden berekend. De gegevens die hiervoor nodig zijn, zijn weergegeven in figuur 6.

Hierbij geeft  $n_{ij}(t)$  het aantal personeelsleden weer die in periode  $[t-1, t]$  zijn overgegaan van subgroep  $i$  naar subgroep  $j$ .  $n_i(t-1)$  geeft het aantal personeelsleden weer die in subgroep  $i$  aanwezig waren op tijdstip  $t-1$ . Wanneer hiervan het quotiënt wordt genomen, wordt  $\hat{p}_{ij}$  bekomen. Dit is de kans dat een personeelslid in één tijdspanne overgaat van subgroep  $i$  naar subgroep  $j$ . Al deze kansen worden samengenomen in een vierkante matrix  $\mathbf{P}$ , met  $k$  rijen en  $k$  kolommen waarbij  $k$  het aantal subgroepen is.



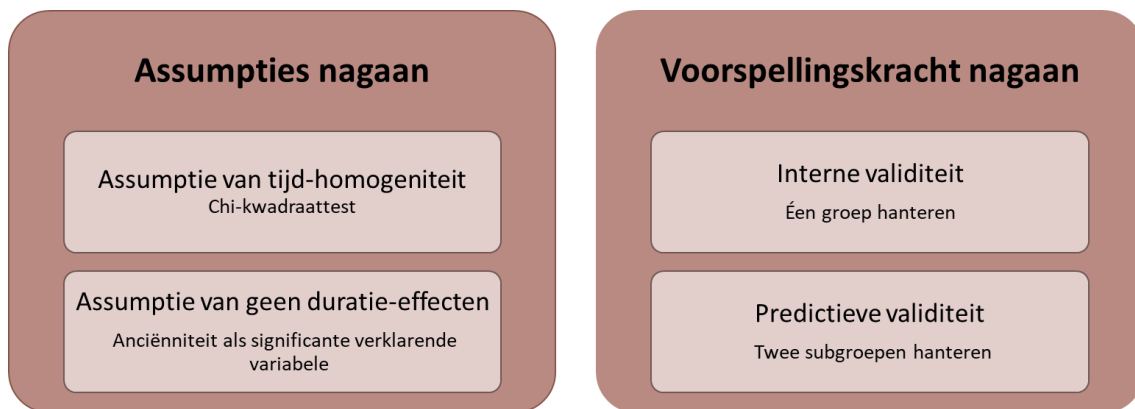
FIGUUR 6: INSCHATTEN VAN TRANSITIEKANSEN O.B.V. DE LITERATUURSTUDIE

#### 4.2.5. VALIDEREN VAN HET MARKOVMODEL

Indien de transitiekansen zijn ingeschat dient het model te worden gevalideerd alvorens hiermee wordt verder gewerkt. De twee controles die hiervoor kunnen worden doorlopen, zijn aangegeven in figuur 7.

Zoals reeds meermaals vermeld, wordt in deze masterproef gewerkt rond het tijd-homogeen Markovmodel. Om zeker te zijn dat dit een correct model is om te hanteren, dienen de twee assumpties die hiervoor werden aangenomen, gecontroleerd te worden. De eerste assumptie van tijd-homogeniteit wordt getest met behulp van een Chi-kwadraattest, zoals formule 5 in sectie 2.5.1 weergeeft. Of aan de tweede assumptie is voldaan, zou reeds in stap 3 tot uiting moeten zijn gekomen: indien de variabele ‘anciënniteit’ de homogeniteit van de subgroepen significant verhoogd, zijn er duratie-effecten aanwezig. Dit impliceert in principe dat een semi-Markovmodel moet worden gehanteerd. Echter kan ook worden geopteerd om deze variabele mee op te nemen als verklarende variabele bij de opsplitsing naar subgroepen, waardoor nog steeds een Markovmodel mag worden gehanteerd.

Indien de assumpties gevalideerd zijn, kan de voorspellingskracht van het model worden nagegaan. Zoals aangehaald in sectie 2.5.2, kan dit op twee manieren; er kan worden gekozen voor interne validatie ofwel voor predictieve validatie. Bij interne validatie wordt gebruik gemaakt van één groep om zowel de waarde van de parameters te voorspellen als het model te valideren, terwijl bij de predictieve validatie twee subgroepen worden opgesteld. Hierbij bepaalt de eerste subgroep de waarde van de parameters en wordt de tweede subgroep gebruikt om de voorspellingskracht na te gaan. Om na te gaan of het model voldoende valide is wordt opnieuw een Chi-kwadraat test uitgevoerd. Deze teststatistiek wordt berekend op basis van formule 6 uit sectie 2.5.2.

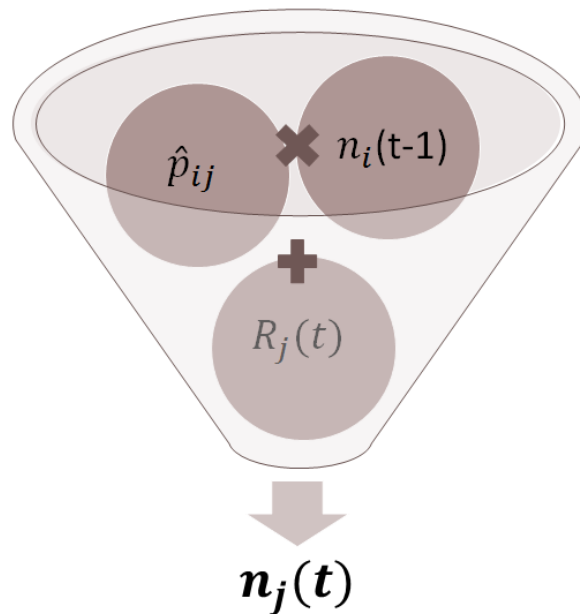


**FIGUUR 7: VALIDEREN VAN HET MODEL O.B.V. DE LITERATUURSTUDIE**

#### 4.2.6. VOORSPELLEN VAN DE TOEKOMSTIGE PERSONEELSSTRUCTUUR

Wanneer het opgestelde Markovmodel gevalideerd is, kunnen de geschatte transitiekansen worden gebruikt om de toekomstige personeelsstructuur te voorspellen, ervan uitgaande dat de huidige HRM-strategieën behouden blijven. Hiervoor is bepaalde informatie nodig, zoals weergegeven in figuur 8.

Om te weten hoeveel personeel subgroep  $j$  op tijdstip  $t$  zal omvatten, wordt formule 7 uit sectie 2.6 toegepast. Er dient in eerste instantie te worden berekend hoeveel personeelsleden er van subgroep  $i$  naar subgroep  $j$  zullen overgaan in de periode  $[t-1, t]$ . Dit wordt bekomen door het aantal personeelsleden in subgroep  $i$  op tijdstip  $t-1$ , zijnde  $n_i(t-1)$  te vermenigvuldigen met de kans dat die personeelsleden overgaan naar subgroep  $j$ , namelijk  $\hat{p}_{ij}$ . Dit moet gedaan worden voor alle subgroepen  $i$  gaande van  $i = 1$  tot en met  $i = k$ . Al deze personeelsleden moeten worden opgeteld aangezien zij allemaal in subgroep  $j$  terecht zullen komen. Tenslotte wordt hier het aantal nieuw aangeworven personeelsleden,  $R_j(t)$ , voor subgroep  $j$  bij opgeteld.



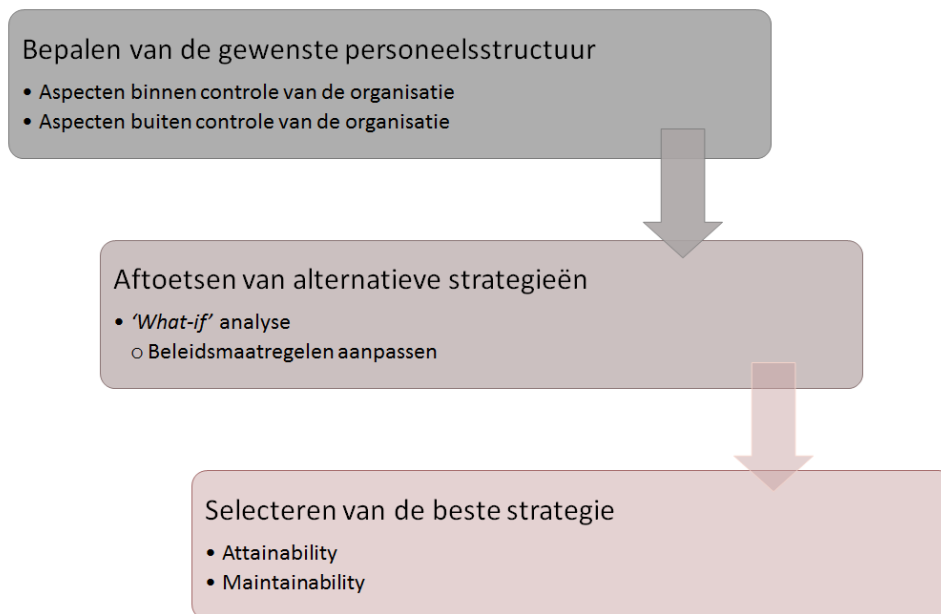
**FIGUUR 8: VOORSPELLEN VAN DE TOEKOMSTIGE PERSONEELSSTRUCTUUR O.B.V. DE LITERATUURSTUDIE**

#### 4.2.7. CONGRUEREN VAN DE VOORSPELDE MET DE GEWENSTE PERSONEELSSTRUCTUUR

De laatste stap realiseert het ultieme doel van manpower planning: de voorspelde en gewenste personeelsstructuur zo dicht mogelijk bij elkaar laten aansluiten. Hoe dit kan worden verwezenlijkt is visueel weergegeven in figuur 9.

In eerste instantie wordt de gewenste personeelsstructuur bepaald op basis van factoren zowel binnen als buiten de controle van de organisatie. Hierna wordt deze gewenste personeelsstructuur vergeleken met de voorspelde personeelsstructuur, zoals bekomen in de voorgaande stap. Vervolgens wordt de impact van verschillende alternatieve strategieën op de personeelsstructuur geanalyseerd op basis van een ‘*what-if*’ analyse. Het uiteindelijke doel is dan om die strategie te kiezen die ervoor zorgt dat de verwachte toekomstige personeelsstructuur zo dicht mogelijk aanleunt bij de gewenste personeelsstructuur. Het is belangrijk om deze situatie te bekomen – attainability - maar het is eveneens belangrijk om deze congruentie te behouden - maintainability -.





**FIGUUR 9: CONGRUEREN VAN DE VOORSPELDE MET DE GEWENSTE PERSONEELSSTRUCTUUR O.B.V. DE LITERATUURSTUDIE**

## 5. CASESTUDIE

In wat volgt wordt de casestudie toegelicht. Met behulp van de casestudie zal worden nagegaan in welke mate het PDCA-stappenplan eenvoudig toepasbaar is in werkelijkheid. Vooreerst wordt in sectie 5.1 de methodologie besproken; hier wordt uitgelegd hoe de casestudie tot stand is gekomen en welke methoden zijn gehanteerd. Nadien worden de concrete resultaten van deze casestudie in sectie 5.2 in detail besproken.

### 5.1. METHODOLOGIE

#### 5.1.1. VOORBEREIDING

##### a. HET VERKRIJGEN VAN EEN DATABASE

Een eerste stap in dit proces is het verkrijgen van een personeelsbestand, een moeilijke opgave aangezien er veel vertrouwelijke informatie nodig is om het PDCA-stappenplan in de praktijk te kunnen testen. De database moet namelijk voor elk personeelslid variabelen zoals leeftijd, geslacht en aantal kinderen omvatten aangezien deze in de literatuur als verklarend worden beschouwd zoals werd toegelicht in sectie 2.3.2. Verder dient er ook per jaar informatie beschikbaar te zijn over de functie van dat personeelslid aangezien het doel van het Markovmodel is om de toekomstige personeelsstructuur te voorspellen zoals besproken in sectie 2.6.

Er werden zes verschillende bedrijven gecontacteerd, met de vraag of zij wilden meewerken aan deze masterproef door hun personeelsbestand te verlenen. De mail die hiervoor werd verstuurd is terug te vinden in bijlage 1. Drie van deze bedrijven antwoordden negatief, de overige drie antwoordden positief.

De reden van het negatieve antwoord was in twee gevallen gelijkaardig. Voor Organisatie 1 was het voornamelijk het feit dat het personeelsbestand te veel vertrouwelijke informatie omvat en bovendien beschikten ze niet over alle variabelen, nodig om het PDCA-stappenplan te kunnen toepassen. Ook bij Organisatie 2 werd de toestemming niet verleend om de nodige informatie vrij te geven; daarenboven ging het om een bedrijf, actief in verschillende landen, met een zeer horizontale structuur waarbij onvoldoende informatie beschikbaar was over personeelstransities tussen verschillende functies. Organisatie 3 verklaarde dat zijzelf over een voldoende uitgebreid HRM-management beschikken die zelf met zulke analyses bezig zijn.

Organisatie 4 verklaarde snel dat zij geïnteresseerd waren in de opzet van deze masterproef, maar het effectief vrij krijgen van de gegevens verliep echter moeizamer. Bovendien lieten zij laattijdig weten dat er de afgelopen jaren enorm veel herstructureringen zijn geweest waardoor het onderscheid tussen het herdefiniëren van bepaalde functies en reële promoties van personeelsleden moeilijk te achterhalen is. Ook Organisatie 5 zag de meerwaarde van deze masterproef in en deelde mee dat ze graag een database ter beschikking zouden stellen. Bij deze organisatie verliep alles zeer vlot waardoor ik besloot met hen verder samen te werken. Ik zal hiertoe later in detail treden. Organisatie 6 wou eveneens meewerken aan deze masterproef, maar wanneer dit officieel bevestigd werd, had ik reeds toegezegd om samen te werken met Organisatie 5. Samen met mijn promotor, professor Guerry, werd nagegaan of het nuttig zou zijn om met beide databases te werken aangezien beide organisaties in dezelfde sector actief zijn, maar er werd besloten dat dit geen meerwaarde zou bieden aan deze masterproef.

#### b. ORGANISATIE ABC

Organisatie 5, vanaf nu Organisatie ABC genoemd omwille van een geheimhoudingsverklaring, is aldus het bedrijf dat mij een personeelsbestand aanleverde om mijn casestudie op uit te voeren. Organisatie ABC is een Belgische organisatie dewelke actief is in de Retail sector. Zij stelt om en bij de 25.000 personeelsleden tewerk. Het personeelsbestand dat ik verkreeg omvat hiervan zo'n 3.000 personeelsleden.

Nadat de mail met de vraag naar een database werd verstuurd, werd ik onmiddellijk uitgenodigd op gesprek bij Organisatie ABC om dit verder te bespreken. Hierbij waren zowel personeelsleden vanuit HR alsook personeelsleden vanuit IT aanwezig. Iedereen was enthousiast over de opzet van mijn masterproef waardoor de samenwerking werd geofficialiseerd. Zowel ikzelf, Organisatie ABC alsook de VUB ondertekenden hiertoe een geheimhoudingsverklaring. Enige tijd later kreeg ik per mail een Excel-bestand dewelke een proefversie was van de volledige database. Dit bestand bestond uit een 100-tal rijen met gegevens en er werd mij de vraag gesteld of het bestand op deze manier correct was

opgesteld, welke variabelen nog ontbraken en dergelijke. Samen met mijn promotor, professor Guerry, werd deze proefversie geanalyseerd en kon feedback worden doorgegeven aan Organisatie ABC. Wanneer mijn contactpersoon binnen IT, een stafmedewerker van het sociaal secretariaat, deze feedback had verwerkt werd nogmaals samen gekomen met Organisatie ABC om de volledige database te bekijken. Zij legden mij stap voor stap elk element uit de database uit en pasten nog enkele details aan die ik opmerkte tijdens de uiteenzetting. Vervolgens kreeg ik de database overhandigd via een USB-stick.

### c. OPBOUW VAN DE DATABASE

Het Excel-bestand dat mij is aangeleverd bestaat uit 18.180 lijnen. Elke lijn stelt een bepaald personeelslid voor met verschillende karakteristieken, weergegeven in de kolommen. Er is afgesproken dat ook de datum kan worden aanzien als karakteristiek. Dit maakt dat een persoon die meerdere jaren in dienst is geweest bij Organisatie ABC, ook meerdere lijnen in beslag neemt. In totaal telt de database 2.966 personeelsleden.

Het personeelsbestand bestaat in zijn totaal uit 22 kolommen. De eerste kolom is het personeels-ID, volledig geanonimiseerd waardoor ik niet kan achterhalen op welk personeelslid binnen Organisatie ABC de gegevens betrekking hebben. De tweede kolom is het jaartal waarbinnen het personeelslid in dienst was. Met Organisatie ABC is afgesproken dat ik zou beschikken over de gegevens van de afgelopen 10 jaren, steeds op tijdstip 31/12. Hierdoor reiken mijn gegevens van 31/12/2007 tot en met 31/12/2016. De overige kolommen omvatten in eerste instantie informatie over de personeelsleden, rechtstreeks verbonden aan hun job, zoals hun functie, hun plaats van tewerkstelling, het filiaalnummer en dergelijke. Ten tweede bevatten deze kolommen ook persoonlijke informatie, nodig voor het uitvoeren van mijn casestudie. Deze zijn hoofdzakelijk geslacht, leeftijd, burgerlijke stand, aantal kinderen, het al dan niet voltijds werken, het diploma, de nationaliteit en de anciënniteit.

#### 5.1.2. AFTOETSEN VAN HET PDCA-STAPPENPLAN

Voor de casestudie zal het vooropgesteld stappenplan worden gevolgd waarbij het gebruik van het personeelsbestand van Organisatie ABC centraal staat. Om deze casestudie tot een goed einde te brengen wordt zowel gebruik gemaakt van kwalitatieve interviews alsook van kwantitatieve methoden, zijnde beslissingsbomen en het Markovmodel, maar ook statistische testen, formules en betrouwbaarheidsintervallen. Daar waar de concrete methode van de uitvoering van elke stap in deze sectie wordt toegelicht, worden de concrete resultaten in sectie 5.2 besproken.

### a. MODELLEREN VAN HET HRM-BELEID, INCLUSIEF MANPOWER PLANNING

Om de casestudie correct uit te voeren, is informatie omtrent het HR-beleid vereist. Om deze informatie te verkrijgen voerde ik een **interview** uit met het hoofd van Corporate affairs & Communication, tot voor kort HR-manager van Organisatie ABC. Dit interview draaide voornamelijk rond de HR-strategieën die Organisatie ABC toepast en resulteerde aldus in kwalitatieve informatie.

#### b. SELECTEREN VAN EEN MARKOVMODEL

In eerste instantie moet worden nagegaan of Markovmodellen überhaupt wel kunnen worden toegepast op Organisatie ABC. Wanneer dit het geval blijkt te zijn, kan, op basis van het **schema** uit figuur 4 in sectie 4.2.2 uit het PDCA-stappenplan, worden nagegaan of het tijd-homogeen Markovmodel geschikt is om te toe passen op het personeelsbestand van Organisatie ABC.

#### c. OPSPLITSEN VAN EEN HETEROGENE PERSONEELSGROEP IN HOMOGENE SUBGROEPEN

Voor het opsplitsen van de heterogene personeelsgroep in homogene subgroepen, zoals besproken in sectie 2.3 in de literatuurstudie, is gebruik gemaakt van het programma R-studio. Naast de gekende functies van R-studio is voor het opsplitsen ook een specifiek pakket “party” vereist dewelke eenvoudig kan worden geïnstalleerd. Voor de opsplitsing naar homogene subgroepen wordt de functie ‘*ctree*’ gebruikt om **beslissingsbomen** op te stellen op basis van verschillende verklarende variabelen waar onder meer leeftijd, geslacht en burgerlijke staat. De functie ‘*plot*’ wordt gebruikt om de beslissingsboom op een overzichtelijke manier weer te geven. Nadat alle subgroepen op basis van de beslissingsbomen bepaald zijn, is gecontroleerd of alle finale subgroepen voldoende groot zijn. Dit gebeurt op basis van **formule 1 en 2**, zoals uitgelegd in sectie 2.3.4. Vervolgens is op basis van het **betrouwbaarheidsinterval** uit formule 3 in sectie 2.3.4 nagegaan of sommige uiteindelijke subgroepen niet kunnen worden samengenomen.

#### d. INSCHATTEN VAN TRANSITIEKANSEN

De transitiekansen voor de finaal gecreëerde subgroepen dienen te worden bepaald met behulp van formule 4 uit sectie 2.4. Deze transitiekansen zijn in R bekomen door een **proportionele frequentietabel** over de rijen heen op te stellen.

#### e. VALIDEREN VAN HET MARKOVMODEL

Voor de validatie van het Markovmodel dient in eerste instantie te worden nagegaan of aan de assumpties van tijd-homogeniteit en de afwezigheid van duratie-effecten is voldaan. De assumptie van tijd-homogeniteit wordt nagegaan met behulp van de **Chi-kwadraat** test. Deze test is manueel uitgevoerd met behulp van formule 5 uit sectie 2.5.1. De afwezigheid van duratie-effecten is nagegaan door te analyseren of de variabele ‘anciënniteit’ als verklarende variabele wordt beschouwd in de **beslissingsbomen**, zoals uitgelegd in sectie 2.5.1.

Vervolgens wordt het model getest met behulp van zowel interne als predictieve validiteit. Of het model voldoende voorspellende kracht heeft, wordt opnieuw getest met behulp van een **Chi-kwadraat test**. Ook deze test is manueel uitgevoerd aan de hand van formule 6 uit sectie 2.5.2.

#### f. VOORSPELLEN VAN DE TOEKOMSTIGE PERSONEELSSTRUCTUUR

Het voorspellen van de personeelsstructuur gebeurt in R met behulp van **formule 7**, die werd besproken in sectie 2.6.

De laatste, maar zeker niet de minst belangrijke stap omvatte zowel een kwalitatief alsook een kwantitatief luik. Wat betreft het kwalitatieve luik, is wederom een **interview** afgenomen met het hoofd van Corporate affairs & Communicatie, tot voor kort de HR-manager bij Organisatie ABC. Op basis van dit interview wordt de formule uit de vorige stap aangepast naar **formule 8** zoals weergegeven in sectie 2.6. Hiervoor dient bovendien een **regressieanalyse** uitgevoerd te worden. Vervolgens wordt via deze aangepaste formule de personeelsstructuur opnieuw geschat.

## 5.2. Resultaten

De resultaten die voortvloeien uit de casestudie zullen hieronder worden toegelicht. Net zoals in de methodologie, worden deze besproken op basis van het PDCA-stappenplan. Er wordt hierbij een onderscheid gemaakt tussen twee aspecten:

- In hoofdzaak de uitvoering van de eigenlijke stappen, dewelke het centrale aspect vormen van deze masterproef. Deze zijn bedoeld voor de personeelsleden binnen de organisaties die dit stappenplan concreet dienen uit te voeren. De specifieke programmeer-functies in R worden hierbij in het blauw weergegeven.
- Bij elke stap worden - waar relevant - ‘punten tot bespreking’ gegeven dewelke bedoeld zijn voor de HRM-management die de output van het stappenplan dient te interpreteren. Deze zijn steeds weergegeven in een (oranje) kader. Deze punten vormen de basis voor bespreking in stap 7, zijnde het congrueren van de voorspelde met de gewenste personeelsstructuur, zoals besproken in sectie 2.7 uit de literatuurstudie, en zullen hier dan ook behandeld worden.

### 5.2.1. MODELLEREN VAN HET HRM-BELEID, INCLUSIEF MANPOWER PLANNING

#### a. HET BELEID

---

Uit het interview met mijn HR-contact blijkt dat zij een zeer actief beleid voeren omtrent manpower planning en personeelstransities. Dit beleid is voornamelijk kwalitatief onderbouwd en bestaat uit drie grote pijlers: het beleid op microniveau, het beleid op macroniveau en het beleid dat rekening houdt met externe factoren.

Op microniveau worden binnen Organisatie ABC voor het plannen van personeelstransities op regelmatige basis drie soorten gesprekken gevoerd met de personeelsleden. Een eerste type zijn functioneringsgesprekken waarbij wordt gekeken naar de huidige situatie van het personeelslid, zowel op persoonlijk vlak alsook op vlak van zijn of haar huidige functie. Een tweede type is het ontwikkelingsgesprek waarbij naar de toekomst wordt gekeken, wordt nagegaan wat het personeelslid in kwestie verwacht van zijn of haar carrière en welke competenties hij of zij hiervoor nog verder dient te ontwikkelen. Een laatste type is het evaluatiegesprek waarbij wordt gekeken naar de prestaties van het personeelslid in het afgelopen jaar.

Verder werkt Organisatie ABC met een ‘people scan and succession planning’. Hierbij wordt een matrix opgesteld met op de ene as het potentieel van het personeelslid in kwestie en op de andere as zijn of haar prestatie. Elk personeelslid wordt in deze matrix gepositioneerd en op die manier wordt gekeken wat de beste aanpak is voor dit personeelslid. Als een personeelslid bijvoorbeeld hoog potentieel heeft en ook goed presteert, zal dat personeelslid een grotere kans op promotie maken. Als een personeelslid weinig potentieel bevat en niet erg goed presteert, wordt er gekeken of het nodig is om dit personeelslid te ontslaan.

Naast het persoonlijkheidsaspect van personeelsleden op microniveau, wordt binnen Organisatie ABC op macroniveau ook gekeken naar het strategisch plan van bepaalde departementen en regio’s. Er wordt nagegaan welke evolutie zij wensen te ondergaan en of bepaalde functies en hun bezetting hiervoor dienen aangepast te worden.

Ook externe factoren spelen voor Organisatie ABC een rol bij het omgaan met personeelstransities. Hiertoe behoort de concurrentie maar ook de klant. Als er bij deze factoren veranderingen gebeuren, zal dit ook een invloed hebben op het HRM-beleid van Organisatie ABC.

#### b. HET MODELLEREN

Om het HRM-beleid vervolgens op een correcte manier te modelleren is in eerste instantie gekeken naar de verschillende mogelijke modellen die in sectie 2.1.4 in de literatuurstudie worden aangehaald als ondersteunende modellen voor een HRM-beleid:

- Het eerste onderscheid dat hierbij wordt gemaakt is de keuze tussen een push- en pull model. Organisatie ABC hanteert een combinatie van beide modellen: wanneer er een bepaalde functie vrijkomt, wordt er bij bepaalde personeelsleden op basis van verschillende elementen nagegaan of zij al dan niet interesse zouden hebben in deze functie. Organisatie ABC haalt aan dat 40% van de transities push transities zijn, en de overige 60% pull transities.
- Een tweede onderscheid is datgene tussen een tijds-discreet en tijd-continue model. Organisatie ABC werkt met tijd-continue transities: transities kunnen steeds op elk ogenblik plaatsvinden, afhankelijk van de veranderingen in de business. Wanneer er bijvoorbeeld groei is, moeten bepaalde personeelsleden op elk moment kunnen worden gepromoveerd om deze groei op te vangen.
- Het laatste onderscheid wordt gemaakt tussen een deterministisch en stochastisch model. Het is duidelijk dat Organisatie ABC hoofdzakelijk een stochastisch model hanteert waarbij de transities afhangen van het toeval. Dit impliceert dat er steeds in het achterhoofd moet worden gehouden dat er zekere afwijkingen van de later geschatte transitiekansen mogelijk zijn.

Vervolgens werden de huidige stocks van Organisatie ABC en de evolutie over de jaren heen besproken met de mijn HR-contact. Er werd hierbij gekeken naar de evolutie van het totaal aantal personeelsleden in Organisatie ABC over de jaren heen. Tabel 1 geeft het totaal aantal personeelsleden en het bijhorend groeipercentage per jaar weer.

**TABEL 1: HET GROEIPERCENTAGE EN DE GROEI IN ABSOLUTE WAARDE OVER DE JAREN HEEN**

	Totale stock	Groei in absolute aantallen	Groeipercentage
<b>31/12/2007</b>	1404		
<b>31/12/2008</b>	1548	144	0,1026
<b>31/12/2009</b>	1643	95	0,0614
<b>31/12/2010</b>	1715	72	0,0438
<b>31/12/2011</b>	1870	155	0,0904
<b>31/12/2012</b>	1896	26	0,0139
<b>31/12/2013</b>	1947	51	0,0269
<b>31/12/2014</b>	2004	57	0,0293
<b>31/12/2015</b>	2075	71	0,0354
<b>31/12/2016</b>	2078	3	0,0014

Ook is reeds een korte blik op de toekomst geworpen. Organisatie ABC ziet zijn groei naar de komende jaren toe erg laag blijven zoals dit reeds het geval was in 2016. Zelfs een negatieve groeivoet wordt als mogelijkheid beschouwd. De voornaamste reden waarom Organisatie ABC dit toekomstperspectief voor ogen heeft, is omdat zij merken dat zij minder productief zijn dan hun concurrentie. Hun doel is dus om de productiviteit te laten stijgen, met behoudt van hetzelfde aantal personeelsleden.

Punten tot bespreking: Uit het eerste gesprek mijn HR-contact blijkt dat het HRM-beleid van Organisatie ABC voornamelijk kwalitatief is onderbouwd en in mindere mate kwantitatief. Verder wordt ook vastgesteld dat de groeivoet van Organisatie ABC over de afgelopen 10 jaar van meer dan 10% in 2007 is gedaald tot om en bij 0% in 2016. Ook haalt Organisatie ABC aan dat zij deze dalende trend in de toekomst denken aan te houden en zich eerder zullen toespitsen op productiviteitsverhoging.

### 5.2.2. SELECTEREN VAN EEN MARKOVMODEL

Het selecteren van een Markovmodel gebeurt aan de hand van het schema uit figuur 4 in sectie 4.2.2. Dit schema is gebaseerd op de literatuurstudie uit sectie 2.2.

Zoals bleek uit het interview met mijn HR-contact is er bij Organisatie ABC, alhoewel het merendeel pull-transities zijn, ook sprake van push-transities. Dit impliceert dat Markovmodellen geschikt zijn om de personeelsstructuur van Organisatie ABC te voorspellen.

Vervolgens is een multivariaat Markovmodel verkozen boven een univariaat Markovmodel. Zoals reeds aangehaald in sectie 2.2.2 in de literatuurstudie is een univariaat Markovmodel relatief eenvoudig en is de voorspellende kracht ervan veel lager dan bij een multivariaat Markovmodel. Univariante modellen creëren de subgroepen namelijk louter op basis van functie, wat in de meeste gevallen niet resulteert in homogene subgroepen. Omwille van deze reden is in deze casestudie gewerkt met een multivariaat Markovmodel, dewelke meerdere variabelen hanteert in de opsplitsing naar homogene subgroepen. Zoals aangehaald gebeuren de transities bij Organisatie ABC eigenlijk tijd-continu. Echter, aangezien het doel van deze masterproef is om een eenvoudig, transparant model voorop te stellen dat door iedereen kan worden uitgevoerd, is voor deze masterproef gekozen voor een tijd-discreet Markovmodel. Een tijd-continu Markovmodel is namelijk veel complexer en aldus moeilijker uit te voeren én te interpreteren. Verder lag de focus van de literatuurstudie op de observeerbare variabelen. Deze focus is doorgetrokken in deze casestudie; verborgen variabelen zijn hier buiten beschouwing gelaten. Vervolgens is de afweging gemaakt of de assumpties van tijd-homogeniteit en de afwezigheid van duratie-effecten aanvaardbaar lijken. Aangezien Organisatie ABC een stabiele organisatie is met redelijke doorgroeimogelijkheden, zijn beide assumpties in eerste instantie aanvaard. Het testen van deze assumpties gebeurt later in sectie 5.2.5.

Door al deze keuzes te maken, is uitgekomen bij het tijd-homogeen Markovmodel. Dit is dan ook het Markovmodel waar de rest van de casestudie mee verder gaat.

### 5.2.3. OPSPLITSEN VAN EEN HETEROGENE PERSONEELSGROEP IN HOMOGENE SUBGROEPEN

#### FASE 1: OPSPLITSEN OP BASIS VAN FUNCTIE

---

De personeelsleden van Organisatie ABC uit de heterogene personeelsgroep zijn in eerste instantie opgesplitst in 11 subgroepen op basis van functie; functiegroepen. Met behulp van de inzichten van mijn HR-contact worden gelijkaardige functies, zoals bijvoorbeeld ‘verantwoordelijke vers’ en ‘verantwoordelijke diepvries’, hier reeds samengenomen in één subgroep. Deze onderverdeling kan gebeuren in R, met behulp van onderstaande formule. Deze moet voor elke functiegroep afzonderlijk worden opgesteld.

```
database$functiegroep <- ifelse(database$Functie=="Directeur" | database$Functie == "Adjunct-Directeur" ,  
1, database$functiegroep);
```



In onderstaande tabel kunnen de subgroepen met bijhorende functie worden teruggevonden.

**TABEL 2: OPSPLITSING OP BASIS VAN FUNCTIE**

Funcatiegroep	Funcatie
Funcatiegroep 1	- Directeur - Adjunct-Directeur
Funcatiegroep 2	- Regiomanager
Funcatiegroep 3	- Gerant
Funcatiegroep 4	- Eerste verkoper - Kandidaat Gerant
Funcatiegroep 5	- Kandidaat Rayonverantwoordelijke - Verantwoordelijke VVK - Verantwoordelijke Vers - Verantwoordelijke Diepvries - Verantwoordelijke Check Out - Verantwoordelijke Nonfood - Verantwoordelijke Collect&Go - Rayonverantwoordelijke
Funcatiegroep 6	- Bediende-Verkoper
Funcatiegroep 7	- Afdelingshoofd Beenhouwerij
Funcatiegroep 8	- Chef Beenhouwer - Kandidaat afdelingshoofd
Funcatiegroep 9	- Eerste Beenhouwer
Funcatiegroep 10	- Beenhouwer Verkoper - Verkoper Beenhouwerij
Funcatiegroep 11	- Leerling Beenhouwer

Nadat de funcatiegroep voor elk personeelslid is bepaald, dient ook de funcatiegroep van het jaar nadien voor elk personeelslid te worden bepaald. In R wordt hiervoor gebruik gemaakt van een ‘loop’:

```
For (i in 1:18180) {database$funcatiegroeptvolgendjaar[i] <- ifelse(database$Datum[i] == "31/12/2016", database$funcatiegroep[i], (ifelse (database$ID[i] == database$ID[i+1] ,database$funcatiegroep[i+1] , 99)))};
```

Op basis van deze subgroepen, kan reeds een transitie matrix worden opgesteld, dewelke in tabel 3 wordt weergegeven. De rijen stellen de funcatiegroepen van de personeelsleden in jaar  $t$  voor, de kolommen de funcatiegroepen in jaar  $t+1$ . De transitiekansen worden berekend over de jaren heen. De kolom met ‘funcatiegroep 99’, stelt procentueel het aantal personeelsleden voor die Organisatie ABC hebben verlaten. De diagonaal geeft procentueel de personeelsleden weer die niet van funcatiegroep zijn veranderd; deze zijn in het vet weergegeven. De opvallend grote transitiekansen zijn donkerder gearceerd.

TABEL 3: TRANSITIEMATRIX

Transitie-kansen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	99
1	70,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	30,00%
2	2,00%	88,20%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	9,80%
3	0,00%	0,60%	92,60%	0,20%	0,00%	1,10%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	5,50%
4	0,00%	0,00%	3,40%	83,00%	2,30%	6,30%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	5,00%
5	0,00%	0,00%	0,10%	4,40%	85,90%	7,50%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,00%
6	0,00%	0,00%	0,00%	0,90%	2,90%	91,20%	0,00%	0,00%	0,00%	0,10%	0,00%	4,90%
7	0,00%	4,80%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	71,40%	4,80%	0,00%	0,00%	0,00%	19,00%
8	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,50%	90,80%	2,30%	2,10%	0,00%	4,40%
9	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	8,10%	70,90%	15,50%	0,00%	5,50%
10	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,30%	0,00%	0,10%	2,80%	91,20%	0,00%	5,60%
11	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	14,90%	51,40%	33,80%

Punten tot bespreking: uit bovenstaande transitie-matrix kunnen de drie types transities worden besproken, zijnde promotie, demotie en uitstroom

- Wat betreft promotie blijkt duidelijk dat personeelsleden uit functiegroep 11, de leerling beenhouwers, de grootste kans op een promotie van één functiegroep hebben, zijnde 14,90%. Dit houdt een promotie in naar beenhouwer verkoper of verkoper beenhouwerij. Ook hebben personeelsleden vanuit functiegroep 9 - de eerste beenhouwers - 8,10% kans om naar functiegroep 8 te promoveren, zijnde chef beenhouwer of kandidaat afdelingshoofd. Verder is de promotiekans ook relatief groot om van functiegroep 5 naar 4 te promoveren, zijnde 4,40%. Dit is een promotie van verantwoordelijke van een bepaalde afdeling naar eerste verkoper of kandidaat gerant.
- Wat betreft demotie zijn er twee grote kansen die opvallen. Er is namelijk een kans van 15,50% om van functiegroep 9 te demoveren naar functiegroep 10. Dit houdt een demotie in van eerste beenhouwer naar beenhouwer verkoper of verkoper beenhouwerij. Ook is er een grote demotiekans van 7,50% om van functiegroep 5 te demoveren naar functiegroep 6, zijnde van verantwoordelijke van een bepaalde afdeling naar bediende-verkoper.
- Wat betreft uitstroom, liggen de twee grootste kansen bij functiegroep 11 en functiegroep 7, respectievelijk 33,80% en 19,00%. De leerling beenhouwers en de afdelingshoofden beenhouwerij hebben aldus de grootste kans om Organisatie ABC te verlaten.

Op basis van deze overgangsmatrix blijkt dat, op 19 uitzonderingen van de 18180 observaties na, de database kan worden opgesplitst in twee grote groepen: de eerste groep omvat de kaderfuncties vanuit functiegroep 1 en 2 alsook de winkelfuncties vanuit functiegroep 3 tot en met 6, en de tweede groep omvat de beenhouwer functies van functiegroep 7 tot en met 11. Deze opsplitsing zal later voor verdere analyses worden gebruikt om deze overzichtelijker te maken.

---

## FASE 2: HET BEPALEN VAN DE VERKLARENDE VARIABELEN

---

Aangezien het opsplitsen van de heterogene personeelsgroep naar subgroepen op basis van functie niet resulteert in voldoende homogene subgroepen, wordt er gewerkt met een multivariaat Markovmodel. Hiervoor is aldus nagegaan welke variabelen verklarend zijn voor het verschil in transitiekansen.

Op basis van de literatuur zijn de variabelen leeftijd, geslacht, burgerlijke staat, aantal kinderen, het al dan niet voltijds werken en het aantal jaren anciënniteit mee in het model opgenomen. De variabele burgerlijke staat is herleid tot een dummy variabele waarbij '1' de personeelsleden omvat die gehuwd zijn of wettelijk samenwonen en '0' de personeelsleden die ongehuwd zijn, gescheiden zijn of weduwe/weduwnaar zijn. Het al dan niet voltijds werken is eveneens herleid tot een dummy variabele waarbij '1' voltijds werken inhoudt en '0' alle overige gevallen. Merk verder ook op dat het aantal jaren anciënniteit wordt opgenomen om na te gaan of aan de assumptie van de afwezigheid van duratie-effecten is voldaan. Hier zal in sectie 5.2.5 verder op worden ingegaan.

Op verzoek van Organisatie ABC zelf, is ook nagegaan of de volgende variabelen een invloed hebben op de transitiekansen van personeelsleden: de regio van tewerkstelling, de nationaliteitscode, het soort diploma alsook de taal. Hierbij zijn de verschillende diploma's gegroepeerd op basis van het niveau van diploma. Er is gekozen voor 7 verschillende niveaus, gebaseerd op informatie van de onderwijskiezer ("Algemene info HO", z.d.):

1. Master/Universiteit/Licentiaat
2. Bachelor/kandidaat
3. Gegradueerd
4. Secundair/Leercontract
5. Avondonderwijs
6. Anders (personeelsleden met een secundair diploma, alsook de personeelsleden zonder diploma)
7. Leeg (personeelsleden waarover omtrent hun diploma niets bekend is)

---

## FASE 3: VERDERE OPSPLITSING MET BEHULP VAN BESLISSINGSBOMEN

---

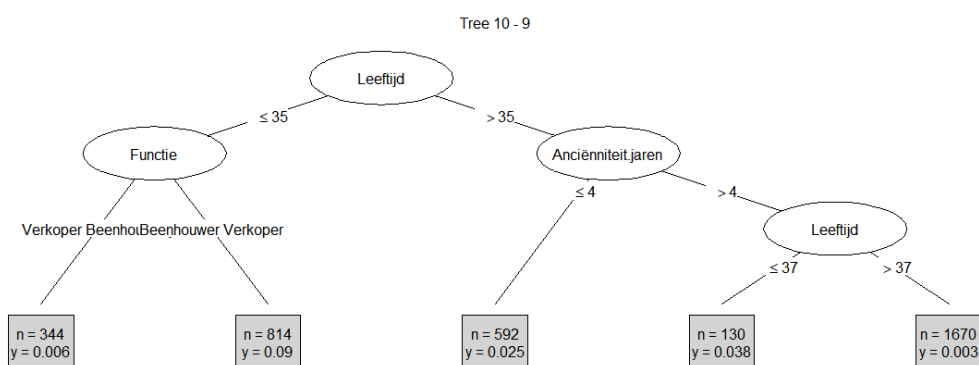
In sectie 2.3.3 uit de literatuurstudie werden twee methodes besproken om de heterogene database verder op te splitsen in homogene subgroepen, namelijk betrouwbaarheidsintervallen en beslissingsbomen. Voor deze casestudie wordt gekozen voor de laatste optie, zijnde beslissingsbomen. Beslissingsbomen zijn namelijk een transparante methode voor opsplitsing, dewelke bovendien een eenvoudig begrijpbare visuele voorstelling met zich mee brengen. Daar het doel van deze masterproef is om een eenvoudig reproduceerbaar stappenplan op te stellen voor organisaties om zelf dergelijke analyses te doorlopen, is dit de beste methode.

Het doel van de beslissingsbomen is nagaan of de functiegroepen reeds voldoende homogeen zijn, of dat ze eventueel verder kunnen worden opgesplitst in homogene subgroepen op basis van verklarende variabelen. Voor de opsplitsing dient een keuze te worden gemaakt tussen welke soort bomen zouden worden opgesteld; zo kan er bijvoorbeeld worden gekozen voor de boom op basis van promotie, of voor de boom op basis van uitstroom, of voor de boom waarvoor de meeste transities plaatsvonden. Een andere manier is om na te gaan of er geen mogelijkheid bestaat om voor elke functiegroep meerdere bomen te aggregeren. Er is voor deze casestudie gekozen om voor elke functie afzonderlijk beslissingsbomen op te stellen zowel op basis van een promotie van één functiegroep (het overgaan naar een functiegroep ‘lager’, zowel voor de eerste groep als voor de tweede groep) alsook op basis van de uitstroom van het personeel (het overgaan naar functiegroep 99). Nadien is nagegaan of beide bomen konden worden geaggregeerd. Het voordeel van het aggregeren is namelijk dat dit de homogeniteit groter maakt dan wanneer slechts voor één van beide bomen wordt gekozen. Het nadeel is dat dit in bepaalde gevallen tot zeer complexe opsplitsingen kan leiden.

Een voorbeeld van een code om een beslissingsboom in R op te stellen is de volgende:

```
Tree109 <- ctree ( subset10$functiegroepvolgendjaar=="9" ~ Winkelregio + Functie + Anciënniteit,jaren +
Diplomasoort + Nation.code + FTE + Taal + Geslacht + Leeftijd + Burgerlijke.staat + Aantal..kinderen,
data=subset5, controls=ctree_control(minbucket=42) );
```

Bovenstaande functie stelt een beslissingsboom op voor de personen die van functiegroep 10 – beenhouwer verkoper of verkoper beenhouwerij - promoveren naar functiegroep 9 – eerste beenhouwer- gebaseerd op bovengenoemde variabelen uit fase 2. De output van deze beslissingsboom wordt in figuur 10 visueel weergegeven. Op de takken staan de specifieke splitsingscriteria. De eindgroepen worden weergegeven in de vierkanten. Hierbij geeft  $n$  weer hoeveel personeelsleden deze groep omvat en  $y$  geeft de kans weer dat een personeelslid uit deze groep de vooropgestelde transitie ondergaat. Door de vijf verschillende  $n$ -waarden uit de beslissingsboom op te tellen wordt de volledige groeps grootte van subgroep 5 over de 10 jaren bekomen, zijnde 3.550.



**FIGUUR 10: BESLISSINGSBOOM VOOR EEN PROMOTIE VAN FUNCTIEGROEP 10 NAAR 9**

Van de 11 vooropgestelde functiegroepen, zijn functiegroep 1, 2 en 3 alsook functiegroep 7, 8 en 11 reeds voldoende homogeen aangezien hiervoor geen beslissingsboom wordt opgesteld. Dit impliceert namelijk een verdere opsplitsing van deze functiegroepen niet leidt tot meer homogene subgroepen. Voor functiegroep 9 is enkel een beslissingsboom opgesteld voor de personeelsleden die Organisatie ABC verlieten. Voor functiegroep 4, 5 en 6 alsook voor functiegroep 10 zijn telkens twee beslissingsbomen gecreëerd, namelijk een beslissingsboom voor de promotie van één functiegroep en een beslissingsboom voor uitstroom. De visuele voorstelling ervan, alsook de tekstuele beschrijving, zijn terug te vinden in bijlage 2.

Aangezien voor functiegroepen 4, 5, 6 en 10 telkens twee bomen worden gecreëerd, moet worden nagegaan hoe de finale subgroepen zouden worden bepaald. Aangezien voor functiegroep 4, 5 en 10 de boom van uitstroom telkens slechts een boom van twee takken is, kan deze eenvoudig worden toegevoegd aan elke finale groep van de boom van promotie. Bijvoorbeeld: de boom op basis van promotie van functiegroep 10 naar functiegroep 9 omvat vijf finale groepen, zoals weergegeven in figuur 10. Van elk van deze finale groep zijn twee nieuwe finale groepen gemaakt, op basis van de split van de boom van uitstroom. Dit resulteert in 10 finale subgroepen voor functiegroep 10. Voor functiegroep 4 en 5 gebeurt hetzelfde. Wat betreft functiegroep 6, is dit niet zo eenduidig. Functiegroep 6 resulteert namelijk in twee bomen met meer dan 2 finale groepen waardoor het aggregeren van deze bomen complex wordt en zou resulteren in erg veel finale subgroepen. Echter moet, zoals in de literatuur vermeld, steeds het evenwicht tussen de homogeniteit van de subgroep en aantal personeelsleden binnen een subgroep in het achterhoofd worden gehouden. Omwille van deze reden is besloten om een keuze te maken tussen de twee beslissingsbomen uit functiegroep 6. Er is in dit geval gekozen voor de beslissingsboom op basis van uitstroom, aangezien er meer personeelsleden uit functiegroep 6 de organisatie verlieten dan dat er promoveerden naar functiegroep 5.

Heel dit beslissingsproces zorgt ervoor dat de heterogene personeelsgroep, die in eerste instantie is opgesplitst naar 11 functiegroepen, verder werd opgesplitst naar 37 homogene subgroepen.

Punten tot bespreking: de variabelen die uiteindelijk voor deze opsplitsing worden aanzien als significant zijn geslacht, leeftijd, diploma, anciënniteit, functie en regio. De bespreking omtrent het verschil in kansen op basis van deze variabelen vindt plaats in de volgende stap. Vermeldenswaardig is dat anciënniteit een verklarende variabele is, waardoor de assumptie van de afwezigheid van duratie effecten wordt geschonden. Hier zal in sectie 5.2.5 verder op worden ingegaan.

Ook noemenswaardig is dat de variabelen betreffende het aantal kinderen, de burgerlijke staat alsook het al dan niet voltijds werken hierbij niet als verklarend werden beschouwd, alhoewel deze in de literatuur veelal als significant worden opgevat zoals vermeld in sectie 2.3.2.

Nadat de homogene groepen zijn bepaald op basis van de beslissingsbomen, dienen er nog twee aspecten te worden gecontroleerd: er dient nagegaan te worden of de homogene groepen voldoende groot zijn en de transitiekansen significant verschillend.

**Nagaan of de homogene groepen voldoende groot zijn**, wordt gedaan met behulp van formules 1 en 2, toegelicht in de literatuur in sectie 2.3.4:

$$n = \left(\frac{z}{m}\right)^2 \hat{p}_{ij}(1 - \hat{p}_{ij}) \quad \text{en} \quad n^* = \frac{n}{1+n/\text{populatie}}$$

De  $z$ -waarde bedraagt 1,96 aangezien dit overeenstemt met de kritische waarde bij de aanvaardbare foutenmarge  $m$  van 5%. Formules 1 en 2 moeten voor elke functiegroep en elke transitie afzonderlijk worden berekend. Wanneer bovenstaande formules worden toegepast op de beslissingsboom op basis van promotie van functiegroep 10 naar functiegroep 9 uit figuur 10, wordt een  $\hat{p}_{ij}$  bekomen van 0,028. Functiegroep 10 omvat namelijk 3.550 observaties over 10 jaar, waarvan er 100 zijn gepromoveerd naar functiegroep 9, zoals kan worden afgeleid uit tabel 3. Het volgende wordt hierdoor bekomen:

$$n = \left(\frac{1,96}{0,05}\right)^2 0,028(1 - 0,028) = 42,06 \quad \text{en} \quad n^* = \frac{42,06}{1+42,06/18180} = 42,00.$$

Deze controle is reeds ingebouwd bij het opstellen van de beslissingsbomen door de functie `controls=ctree_control(minbucket=42)`. Deze geeft namelijk aan dat het aantal observaties over 10 jaar in een finale groep minimaal 42 dient te zijn.

Echter, aangezien de subgroepen van de beslissingsbomen op basis van promotie voor functiegroepen 4, 5 en 10 verder zijn opgesplitst op basis van de takken van de beslissingsbomen op basis van uitstroom, dient voor deze finale subgroepen manueel worden nagegaan of deze voldoen aan de minimale groeps grootte. Zowel binnen functiegroep 4 als binnen functiegroep 10, is dit voor één subgroep niet het geval. Deze subgroep is aldus teruggebracht tot de finale subgroep louter op basis van de beslissingsboom op basis van promotie. Hierdoor worden de 37 homogene subgroepen uit fase 3, herleid tot 35 nieuwe subgroepen.

Wel dient opgemerkt te worden dat het criterium van minimale groeps grootte niet is toegepast op de functiegroepen waarvoor geen verdere opsplitsing is uitgevoerd met behulp van een beslissingsboom. Dit resulteert in bepaalde subgroepen, waaronder bijvoorbeeld functiegroep 7, die eigenlijk te klein zijn om statistisch relevante informatie te kunnen afleveren. Toch is besloten deze subgroepen te behouden en niet samen te voegen aangezien deze weldegelijk verschillende functies inhouden en dus ook verschillende transitiekansen met zich meebrengen. Bovendien zijn deze functiegroepen aangebracht door Organisatie ABC zelf aangezien zij graag de personeelsstructuur voor deze groepen willen voorspellen.

Het tweede aspect, **het samenvoegen van subgroepen aangezien hun transitiekansen niet significant verschillen**, is nagegaan op basis van volgend betrouwbaarheidsinterval; zoals weergegeven in formule 3 in sectie 2.3.4:

$$BI = \left[ -1.96 \sqrt{\frac{p_{ik}(1-p_{ik})}{n_i-1} + \frac{p_{jk}(1-p_{jk})}{n_j-1}}, 1.96 \sqrt{\frac{p_{ik}(1-p_{ik})}{n_i-1} + \frac{p_{jk}(1-p_{jk})}{n_j-1}} \right].$$

Voor elke beslissingsboom is voor de kansen die dicht bij elkaar liggen, nagegaan of de subgroepen dienen samengenomen te worden of niet. Wanneer dit opnieuw wordt aangetoond met behulp van de beslissingsboom op basis van promotie van functiegroep 10 naar functiegroep 9 uit figuur 10, wordt een betrouwbaarheidsinterval opgesteld voor personeelsleden uit functiegroep 10 die jonger zijn dan 35 jaar of exact 35 en bovendien de functie verkoper beenhouwerij uitoefenen enerzijds, en personeelsleden uit functiegroep 10 die ouder zijn dan 37 jaar en reeds meer dan 4 jaar in dienst zijn anderzijds. Het betrouwbaarheidsinterval is dan het volgende:

$$BI = \left[ -1.96 \sqrt{\frac{0.006(1-0.006)}{344-1} + \frac{0.003(1-0.003)}{1670-1}}, 1.96 \sqrt{\frac{0.006(1-0.006)}{344-1} + \frac{0.003(1-0.003)}{1670-1}} \right]$$

$$BI = [-0.009, 0.009]$$

Het verschil tussen beide kansen, zijnde 0.003, komende van  $0.006 - 0.003$ , ligt in het betrouwbaarheidsinterval waardoor beide subgroepen kunnen worden samengenomen. Op deze manier zijn vijfmaal twee subgroepen samengenomen omdat het verschil in transitiekansen niet significant is.

Door heel dit proces wordt de oorspronkelijk heterogene personeelsgroep finaal opgesplitst in 30 meer homogene subgroepen. Een overzicht van deze finale subgroepen kan worden teruggevonden in bijlage 3.

#### 5.2.4. INSCHATTEN VAN TRANSITIEKANSEN

Vooraleer de transitiekansen kunnen worden bepaald, dienen alle observaties toegewezen te worden aan één van de 30 homogene subgroepen. Dit gebeurt in R op dezelfde manier als hoe de functiegroepen zijn bepaald in stap 3. Voor de finale homogene subgroep 24 geeft dit volgende formule:

```
database$homogenegroep <- ifelse(database$functiegroep == 10 & database$Leeftijd <= 35 &
database$Functie == "Verkoper Beenhouwerij" & (database$Winkelregio == "Bergen" | database$Winkelregio
== "Centrum" | database$Winkelregio == "Charleroi" | database$Winkelregio == "Doornikse" ),24,
database$homogenegroep);
```

Opnieuw dient eveneens voor elke observatie nagegaan te worden in welke homogene groep zij het daarop volgende jaar zitten:

```
for(i in 1:18180){ database$homogenegroepvolgendjaar[i] <- ifelse(database$Datum[i] == "31/12/2016",
database$homogenegroep[i], (ifelse(database$ID[i] == database$ID[i+1], database$homogenegroep[i+1], 99))};
```

Nadien is een overgangsmatrix opgesteld. Wanneer hierbij de relatieve frequentie over de rijen heen wordt genomen, wordt de transitiematrix bekomen. Deze transitiematrix omvat de transitiekansen voor elke subgroep, gebaseerd op formule 4 uit sectie 2.4. Aangezien dit een 30x30 matrix is, is voor het vervolg van de casestudie gekozen om de analyses op te splitsen in twee groepen, zoals reeds besproken in sectie 5.2.3. Hieronder worden de formules om de transitiematrix van de eerste groep, zijnde de kader- en winkelfuncties, op te stellen, weergegeven.

```
Overgangwinkel<-table(subsetwinkel$homogengroep ,subsetwinkel$homogengroepvolgendjaar );  
transitiewinkel <- round(prop.table(Overgangwinkel,1),3);  
transitiewinkel <- transitiewinkel[-(19:22),drop=FALSE];
```

*'prop.table(Overgangwinkel,1)'* zorgt ervoor dat een proportionele tabel over de rijen heen wordt berekend. *'round(,3)'* zorgt ervoor dat de getallen worden afgerond tot op drie cijfers na de komma. *transitiewinkel <- transitiewinkel[-(19:22),drop=FALSE]* verwijdert de overbodige kolommen uit de transitiematrix. Kolom 19 tot en met 21 ontstaan namelijk door de uitzonderlijke transitie die gebeuren van winkelfuncties naar functies binnen de beenhouwerij, maar aangezien het hierbij gaat over 9 transitie op 18.180 observaties, zijn deze buiten beschouwing gelaten. De 22<sup>e</sup> kolom omvat de kans dat een personeelslid de organisatie verlaat en is geen onderdeel van de transitiematrix. De transitiematrices, alsook de matrix dewelke de kans op uitstroom weergeeft, kunnen worden teruggevonden in bijlage 4.

#### Punten tot bespreking:

De transitiekansen op basis van de variabelen die veelvuldig in de literatuur worden besproken:

- Wat betreft geslacht, blijkt er een verschil te zijn in de kans op uitstroom vanuit functiegroep 6. Mannen hebben een kans van 12% om Organisatie ABC te verlaten, daar waar deze kans voor vrouwen slechts 4% bedraagt. Opmerkelijk, aangezien op basis van de literatuur mannen minder snel de neiging hebben om hun job te verlaten, zoals besproken in sectie 2.3.2.
- Wat betreft leeftijd, blijkt dat jongere personeelsleden meer kans op promotie maken dan oudere personeelsleden. Zo hebben bijvoorbeeld personeelsleden onder de 30 jaar 9,9% kans om van functiegroep 5 naar 4 te promoveren, daar waar dit voor personeelsleden boven de 38 jaar nog slechts 0,9% is. Ook blijkt dat oudere personeelsleden sneller Organisatie ABC verlaten dan jongere personeelsleden. Vanuit functiegroep 6 is de kans op uitstroom voor personeelsleden boven de 58 jaar 18,4%, terwijl dit voor personeelsleden onder 58 jaar slechts 1,8% is (indien de overige variabelen gelijk zijn, zoals bijvoorbeeld een anciënniteit meer dan 8 jaar). Ook dit is noemenswaardig, aangezien de literatuur stelt dat de uitstroom van oudere personeelsleden kleiner is dan die van jongere, zoals eveneens aangehaald in sectie 2.3.2.



- Wat betreft anciënniteit, is de opsplitsing niet eenduidig. Voor de promotie van functiegroep 4 naar 3, hebben personeelsleden met minder dan 6 jaar anciënniteit meer kans dan personeelsleden met meer dan zes jaar anciënniteit. Echter, voor de promotiekans van functiegroep 10 naar 9, hebben personeelsleden met 4 jaar anciënniteit minder kans op promotie dan personeelsleden die jonger zijn dan 37 jaar maar wel reeds meer dan 4 jaar anciënniteit hebben. Deze kansen bedragen respectievelijk 2,5% en 3,8%. Daarentegen, heeft een personeelslid meer dan 4 jaar anciënniteit, maar is die tevens reeds ouder dan 37 jaar, is de kans op promotie van functiegroep 10 naar 9 slechts 0,3%. Ook bij de uitstroom vanuit functiegroep 6 speelt anciënniteit een rol. Personeelsleden met minder dan 8 jaar anciënniteit hebben een kans van 4,4% om Organisatie ABC te verlaten. Personeelsleden met meer dan 8 jaar anciënniteit en tevens ouder dan 58, hebben een kans van 18,4% om de organisatie te verlaten. Zijn die personeelsleden jonger dan 58 jaar, is hun kans op uitstroom slechts 1,8%.

De specifieke opsplitsingen op basis van variabelen, aangehaald voor Organisatie ABC:

- Wat betreft diploma, worden de personeelsleden met een universitair diploma, of een diplomasoort '*leeg*' gescheiden van alle andere diplomasoorten om de kans op uitstroom uit functiegroep 6 te bepalen. Dit is opmerkelijk aangezien onder de diplomasoort '*leeg*' de personeelsleden vallen waarover niets is bekend over hun diploma.
- Wat betreft functie, wordt een onderscheid gemaakt tussen de promotiekans om van functiegroep 10 naar functiegroep 9 te gaan voor een '*verkoper beenhouwerij*' en een '*beenhouwer verkoper*'. De kansen zijn respectievelijk 9% en 0,6%, een aanzienlijk verschil alhoewel het inhoudelijk om dezelfde functie lijkt te gaan. Verder worden de personeelsleden met functie '*eerste verkoper*' samen met diegenen met functie '*kandidaat gerant*' in functiegroep 4 ingedeeld. Toch blijkt er een aanzienlijk verschil in de kans van uitstroom, dewelke respectievelijk 3,6% en 21,7% bedraagt. Het lijkt vreemd dat de personeelsleden met als functie '*kandidaat gerant*' Organisatie ABC verlaten, terwijl zij net in aanmerking komen om promotie te maken naar de functie '*gerant*'.
- Wat betreft regio blijkt er een verschil te zijn in uitstroomkansen. De uitstroomkansen vanuit functiegroep 9 voor de personeelsleden uit de regio's Waals Brabant Oost en Waals Brabant West, zijnde 10,6%, zijn beduidend groter dan die voor de regio's Bergen, Centrum en het Doornikse, zijnde 1,3%. De regio Charleroi varieert, afhankelijk van de beslissingsboom, tussen beide groepen.

#### 5.2.5. VALIDEREN VAN HET MARKOVMODEL

Het valideren van het Markovmodel bestaat uit twee fasen. In eerste instantie dient de keuze voor het tijd-homogeen Markovmodel te worden gevalideerd. Vervolgens dient de voorspellingskracht van het gekozen Markovmodel te worden gevalideerd.

#### a. VALIDEREN VAN DE KEUZE VOOR HET TIJD-HOMOGEEN MARKOVMODEL

De keuze van het tijd-homogeen Markovmodel is enkel een juiste keuze indien aan twee assumpties is voldaan. De eerste assumptie die dient nagegaan te worden is diegene die stelt dat de transitiekansen voor Organisatie ABC **tijd-homogeen** zijn. Voor elke subgroep dient gecontroleerd te worden of de transitiekansen voor die subgroep in een bepaald jaar niet significant verschillen van de vooropgestelde transitiekansen vanuit de voorgaande stap. In Excel werd de Chi-kwadraat test uit formule 5 in sectie 2.5.1 manueel uitgevoerd.

Deze teststatistiek is berekend voor elke subgroep (van subgroep 1 tot en met subgroep 30) over alle mogelijke jaren heen (van 2008 tot en met 2015). Vervolgens wordt de bekomen waarde vergeleken met de kritische Chi-kwadraat voor een significantieniveau van 1%. Het aantal vrijheidsgraden wordt weergegeven door  $(T-1)(m(i)-1)$ , waarbij  $T$  en  $m(i)$  het aantal rijen, in dit geval het aantal jaren, en kolommen, in dit geval het aantal subgroepen) zijn. Voor de kader- en winkelfuncties, subgroep 1 tot en met subgroep 18, resulteert dit in 119 vrijheidsgraden, komende van  $(8-1)(18-1)$ . Voor de beenhouwer functies zijn er 77 vrijheidsgraden:  $(8-1)(12-1)$ . Dit resulteert in een  $\chi^2_{DF=119, \alpha=1\%}$  van 157,80 voor de eerste groep en een  $\chi^2_{DF=77, \alpha=1\%}$  van 108,77 voor de tweede groep.

$H_0$ : De voorspelde en waargenomen transitiekansen verschillen niet significant van elkaar

De hypothese kan alleen worden aanvaard wanneer de berekende  $\chi^2$  lager ligt dan de kritische  $\chi^2$ . Indien de nulhypothese wordt aanvaard, kan ook de assumptie van tijd-homogeniteit worden aanvaard. In tabellen 4 en 5 worden voor alle jaren de berekende  $\chi^2$  waarden vergeleken met de kritische  $\chi^2$  voor zowel kader- en winkelfuncties alsook voor beenhouwer functies. In bijlage 5 kan een voorbeeld worden teruggevonden van de concrete berekening van de  $\chi^2$  in Excel.

TABEL 4: VALIDEREN VAN DE ASSUMPTIE VAN TIJD-HOMOGENITEIT VOOR KADER- EN WINKELFUNCTIES

Subgroep	Berekende $\chi^2$	Kritische $\chi^2$	Tijd-homogeen
Subgroep 1	2,17	157,80	✓
Subgroep 2	9,68	157,80	✓
Subgroep 3	26,26	157,80	✓
Subgroep 4	94,71	157,80	✓
Subgroep 5	60,72	157,80	✓
Subgroep 6	79,45	157,80	✓
Subgroep 7	42,91	157,80	✓
Subgroep 8	71,07	157,80	✓
Subgroep 9	67,96	157,80	✓
Subgroep 10	69,41	157,80	✓
Subgroep 11	77,18	157,80	✓

Subgroep 12	73,92	157,80	✓
Subgroep 13	1,47	157,80	✓
Subgroep 14	67,20	157,80	✓
Subgroep 15	153,95	157,80	✓
Subgroep 16	103,70	157,80	✓
Subgroep 17	92,65	157,80	✓
Subgroep 18	68,95	157,80	✓

**TABEL 5: VALIDEREN VAN DE ASSUMPTIE VAN TIJD-HOMOGENITEIT VOOR BEENHOEWER FUNCTIES**

Subgroep	Berekende $\chi^2$	Kritische $\chi^2$	Tijd-homogeen
Subgroep 19	3,85	108,77	✓
Subgroep 20	49,45	108,77	✓
Subgroep 21	59,50	108,77	✓
Subgroep 22	74,50	108,77	✓
Subgroep 23	39,29	108,77	✓
Subgroep 24	36,04	108,77	✓
Subgroep 25	28,43	108,77	✓
Subgroep 26	39,24	108,77	✓
Subgroep 27	82,78	108,77	✓
Subgroep 28	57,61	108,77	✓
Subgroep 29	56,71	108,77	✓
Subgroep 30	27,05	108,77	✓

De assumptie van tijd-homogeniteit wordt dus voor elke functiegroep aanvaard wat impliceert dat het tijd-homogeen Markovmodel een geschikt Markovmodel is voor Organisatie ABC.

De tweede assumptie is diegene met betrekking tot **de afwezigheid van duratie-effecten**. Aangezien anciënniteit een verklarende variabele is voor het opsplitsen naar homogene subgroepen, is deze assumptie geschonden: er zijn wel degelijk duratie-effecten aanwezig bij de transities voor Organisatie ABC. Echter, door deze variabele op te nemen in de beslissingsboom, worden deze duratie-effecten mee opgenomen in het model, waardoor het tijd-homogeen Markovmodel nog steeds mag worden toegepast zoals besproken in sectie 2.5.1 van de literatuurstudie.

Aangezien beide assumpties kunnen worden aanvaard, kan worden gesteld dat het tijd-homogeen Markovmodel een geschikt model is om de personeelsstructuur van Organisatie ABC te voorspellen.

## b. VALIDEREN VAN DE VOORSPELLINGSKRACHT VAN HET MARKOVMODEL

---

Zoals aangehaald in de literatuur in sectie 2.5.2, kan de voorspellingskracht van het model op twee manieren worden gevalideerd, namelijk met behulp van zowel interne als predictieve validiteit. Hiervoor wordt telkens een matrix geschat dewelke de voorspelde stocks van de verschillende homogene groepen over verschillende jaren heen omvat. Deze matrix wordt vervolgens vergeleken met de werkelijke stocks aan de hand van onderstaande nulhypothese met behulp van een Chi-kwadraat test volgens formule 6 in sectie 2.5.2.

$H_0$ : De voorspelde en werkelijke stocks verschillen niet significant van elkaar

Wat betreft **de interne validiteit** zijn de transitiekansen bepaald op basis van de volledige 10 jaar waarover de database loopt. Dit resulteert in het feit dat dezelfde transitiekansen worden gebruikt als weergegeven in bijlage 4. De stock in een bepaald jaar wordt vervolgens geschat met behulp van formule 7 uit sectie 2.6 in de literatuurstudie:  $n(t) = n(t - 1)P + R(t)r$ .

Merk hierbij op dat om een voorspelling voor jaar  $t$  te maken, gebruik gemaakt wordt van het werkelijk aantal aangeworven personeelsleden in jaar  $t$ . De reden hiervoor is omdat hierbij louter de validiteit van de transitiekansen alsook van de instroomkansen wordt getest.

Het voorspellen van de personeelsstructuur voor bijvoorbeeld  $n(2009)$  van de eerste groep leidt in R tot de volgende formule:

```
voorspeldestock_winkel2009 <- round((voorspeldestock_winkel2008%*(transitiewinkel +  
aanwervingwinkel2009%*Transitieinstroomwinkel),0);
```

Wanneer dit voor elk jaar afzonderlijk wordt gedaan (2008 tot en met 2016), kan een matrix worden opgesteld waarbij de rijen de verschillende jaren voorstellen en de kolommen de verschillende subgroepen. Vervolgens is in Excel manueel een Chi-kwadraat test uitgevoerd om na te gaan of beide matrices significant van elkaar verschillen.

Over de 9 jaren heen bedraagt de berekende  $\chi^2$  voor de kader- en de winkelfuncties 258,3. De kritische  $\chi^2_{DF=136, \alpha=1\%}$  bedraagt 177,28. Aangezien de berekende  $\chi^2$  hoger ligt dan de kritische  $\chi^2$ , dient de nulhypothese verworpen te worden. Dit impliceert dat de voorspelde stocks en de werkelijke stocks significant van elkaar verschillen waardoor het model niet intern valide zou zijn. Om na te gaan voor welke jaren het model niet intern valide is, wordt dezelfde  $\chi^2$  voor elk jaar afzonderlijk berekend. Aangezien het aantal vrijheidsgraden in dat geval slechts 17 is, is de kritische  $\chi^2$  voor een significantieniveau van 1% 33,41. In tabel 6 worden de berekende  $\chi^2$  vergeleken met deze waarde voor elk jaar afzonderlijk.

**TABEL 6: CHI-KWADRAAT TEST VOOR INTERNE VALIDITEIT OVER DE JAREN HEEN VOOR KADER- EN WINKELFUNCTIES**

Jaar	Berekende $\chi^2$	Kritische $\chi^2$	Interne validiteit
2008	10,55	33,41	✓
2009	21,31	33,41	✓
2010	37,01	33,41	✗
2011	37,44	33,41	✗
2012	35,67	33,41	✗
2013	27,32	33,41	✓
2014	24,47	33,41	✓
2015	31,26	33,41	✓
2016	33,28	33,41	✓

Punten tot bespreking: uit bovenstaande tabel is af te leiden dat voor drie opeenvolgende jaren, zijnde 2010, 2011 en 2012, het model niet intern valide blijkt. Voor alle overige jaren is dit wel het geval. Dat de nulhypothese voor drie opeenvolgende jaren niet kan worden aanvaard, kan te wijten zijn aan externe factoren, namelijk factoren die niet in het model zijn opgenomen.

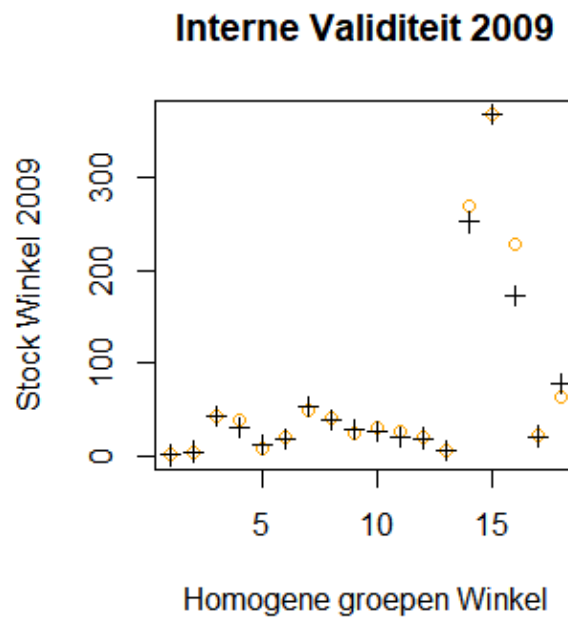
De interne validiteit kan overigens ook visueel worden nagaan door de voorspelde en de werkelijke stocks tegenover elkaar te plotten. In R gebeurt dit met behulp van onderstaande formule:

```
plot(homogengroepen, voorspeldestock_winkel2009, col="orange", ylab="Stock Winkel 2009", xlab = "Homogene groepen Winkel")
```

```
par(new=T)
```

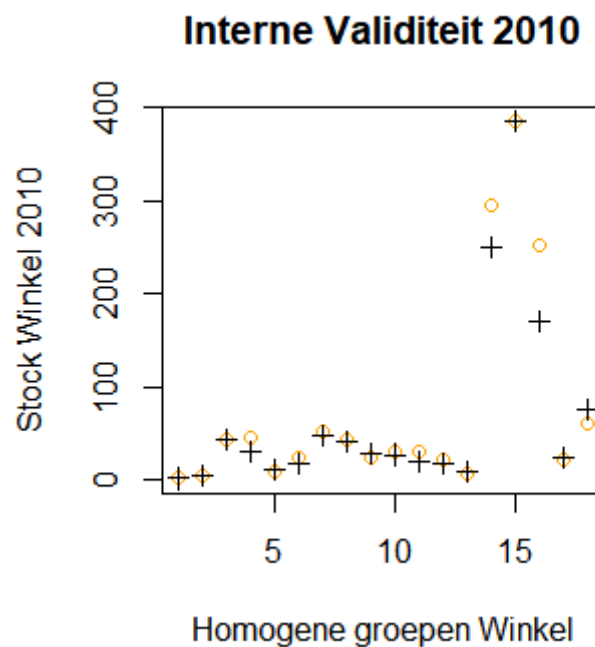
```
plot(homogengroepen, stockwinkel2009, pch=3, main = "Interne Validiteit 2009", axes=F, ylab="", xlab="")
```

Figuur 11 is het resultaat van bovenstaand voorbeeld. Op de plot worden de voorspelde stocks voor de subgroepen 1 tot en met 18, dewelke de subgroepen zijn van de kader- en winkelfuncties, weergegeven door de oranje cirkels. De werkelijke stocks worden weergegeven door de zwarte plusjes. Uit deze figuur kan duidelijk worden afgeleid dat de voorspelde en werkelijke stocks dicht bij elkaar aanleunen.



**FIGUUR 11: INTERNE VALIDITEIT 2009 VOOR KADER- EN WINKELFUNCTIES**

Met behulp van een kritisch oog kan op figuur 12 worden gezien dat de afwijkingen tussen de voorspelde en werkelijke stocks voor 2010 groter zijn. Voor 2010 is het model dan ook niet intern valide.



**FIGUUR 12: INTERNE VALIDITEIT 2010 VOOR KADER- EN WINKELFUNCTIES**

De overige plots worden weergegeven in bijlage 6. In deze bijlage kan eveneens een tabel worden teruggevonden met de absolute afwijkingen tussen de voorspelde en de werkelijke stocks.

De berekende  $\chi^2$  voor de beenhouwer functies over 9 jaren heen bedraagt 72,84. De kritische  $\chi^2$  voor een significantieniveau van 1% en 88 vrijheidsgraden – komende van  $(12-1)(9-1)$  – geeft 121,77. Aangezien de berekende  $\chi^2$  lager ligt dan de kritische  $\chi^2$ , betekent dit dat de nulhypothese kan worden aanvaard. Er kan dus worden gesteld dat in dit geval de voorspelde stocks en de werkelijke stocks niet significant van elkaar verschillen waardoor het model intern valide kan worden geacht wat betreft de beenhouwer functies.

**De predictieve validiteit** wordt op gelijkaardige wijze nagegaan. Echter worden de transitiekansen in dit geval louter bepaald op basis van de eerste vijf jaar en gebeuren de voorspelling voor de laatste vijf jaar. De transitiekansen worden aldus bepaald op basis van de data voor de jaren van 2007 tot en met 2011. Met behulp van deze transitiekansen wordt vervolgens de stock aan de hand van dezelfde formule voorspeld wat resulteert in stockmatrices voor de jaren 2012 tot en met 2016.

Over de 5 jaren heen bedraagt de  $\chi^2$  voor de kader- en winkelfuncties 295,00, terwijl de waarde  $\chi^2_{DF=68, \alpha=1\%}$  slechts 98,03 bedraagt. De nulhypothese wordt aldus verworpen waardoor er niet gesproken kan worden van predictieve validiteit. Opnieuw wordt over de verschillende jaren heen nagegaan in welke jaren het model al dan niet predictief valide is. De resultaten zijn te vinden in tabel 7.

**TABEL 7: CHI-KWADRAAT TEST VOOR PREDICTIEVE VALIDITEIT OVER DE JAREN HEEN VOOR KADER- EN WINKELFUNCTIES**

Jaar	Berekende $\chi^2$	Kritische $\chi^2$	Predictieve validiteit
2012	7,58	33,41	✓
2013	12,74	33,41	✓
2014	35,09	33,41	✗
2015	105,21	33,41	✗
2016	134,38	33,41	✗

Zoals tabel 7 weergeeft, blijkt dat het model enkel predictief valide is voor de eerste twee jaren. Voor de laatste jaren blijkt het model niet valide. Omwille van die reden is getracht na te gaan of het model beter scoort op de predictieve validiteit wanneer de jaren 2010 tot en met 2012 buiten beschouwing worden gelaten, aangezien deze reeds opvielen bij de interne validiteit. De transitiekansen worden dan voorspeld op basis van de data van de jaren 2007, 2008, 2009 en 2013. De voorspellingen gebeuren voor de jaren 2014, 2015 en 2016. Dit leidt echter niet tot een beter resultaat. De plots alsook de tabel die de afwijkingen tussen de voorspelde en werkelijke stock weergeeft aangaande de predictieve validiteit voor kader- en winkelfuncties, zijn terug te vinden in bijlage 6.

Ook wat betreft de beenhouwer functies wordt de nulhypothese verworpen al is het verschil minder groot. Daar waar de berekende  $\chi^2$  85,60 bedraagt, is de kritische  $\chi^2$  68,71. Ook hier is dus jaar per jaar gekeken naar de predictieve validiteit wat resulteert in tabel 8. Opnieuw zijn de plots en de tabel die de afwijkingen tussen de voorspelde en werkelijke stock weergeeft te vinden in bijlage 6.

**TABEL 8: CHI-KWADRAAT TEST VOOR PREDICTIEVE VALIDITEIT OVER DE JAREN HEEN VOOR BEENHOUWER FUNCTIES**

Jaar	Berekende $\chi^2$	Kritische $\chi^2$	Predictieve validiteit
2012	3,22	22,61	✓
2013	2,74	22,61	✓
2014	7,55	22,61	✓
2015	20,14	22,61	✓
2016	51,96	22,61	✗

Hieruit blijkt dat enkel voor 2016 de nulhypothese dient verworpen te worden. Voor de overige 4 jaren is de berekende  $\chi^2$  lager dan de kritische  $\chi^2$  waardoor de nulhypothese kan worden aanvaard.

Punten tot bespreking: er kan worden gesteld dat de interne validiteit hoger is dan de predictieve validiteit. Dit kan bijvoorbeeld te wijten zijn aan het feit dat er geen vast patroon bestaat over de jaren heen wat betreft transities binnen Organisatie ABC. Ook kan worden gesteld dat de validiteit voor de beenhouwer functies hoger ligt dan die voor de kader- en winkelfuncties.

#### 5.2.6. VOORSPELLEN VAN DE TOEKOMSTIGE PERSONEELSSTRUCTUUR

Het voorspellen van de toekomstige personeelsstructuur gebeurt op dezelfde wijze als de voorspellingen die gemaakt worden om de validiteit te testen. Aldus wordt opnieuw gebruik gemaakt van formule 7 uit sectie 2.6:

$$n(t) = n(t - 1)P + Rr.$$

Voor deze voorspelling is vertrokken van het aantal personeelsleden dat zich in elke homogene subgroep bevindt op het einde van 2016, aangezien dit het laatste beschikbare jaar is. Het aantal aanwervingen is gekozen op basis van het gemiddelde aantal aanwervingen over de laatste 5 jaar. Er is hierbij bewust niet gekozen om het gemiddelde te nemen over alle jaren heen, dit aangezien er, zoals reeds in de eerste stap aangetoond, duidelijk sprake is van een dalende trend. De groei in de laatste 5 jaar is echter meer constant. Omwille van die reden is als aantal aanwervingen  $R$  uit bovenstaande formule het gemiddelde genomen van het aantal aanwervingen over de laatste 5 jaar voor Organisatie ABC, zijnde 134.



In R wordt de toekomstige personeelsstructuur voor kader- en winkelfuncties voor 2018 voorspeld op volgende wijze:

```
voorspeldestock_winkel2018 <- round((voorspeldestock_winkel2017%*(transitiewinkel) +
aanwervingwinkel%*Transitieinstroomwinkel),0);
```

Deze stockvector is berekend aan de hand van de homogene subgroepen. Het is echter eenvoudiger voor Organisatie ABC om over de voorspelde stock op basis van de initiële functiegroepen te beschikken aangezien zij hiervoor de personeelsstructuur wensen te kennen. In R kunnen kolommen via de functie ‘cbind’ op een eenvoudige wijze worden samengevoegd.

De voorspelde stocks van de winkel met de kaderfuncties, alsook die van de functies uit de beenhouwerij in 2017 zijn weergegeven in tabel 9:

**TABEL 9: VOORSPELDE STOCKS VOOR 2017**

Functiegroep kader + winkelfuncties	1	2	3	4	5	6	Totaal aantal personeelsleden
2017	1	6	51	122	235	1187	1602

Functiegroep Beenhouwer functies	7	8	9	10	11	Totaal aantal personeelsleden
2017	0	46	42	410	11	509

Wanneer deze totale stocks van 2017 worden vergeleken met die van 2016, zijnde 1572 voor kader- en winkelfuncties en 506 voor beenhouwer functies, is een groeivoet merkbaar van 2,01% bij de kader- en winkelfuncties en een groeivoet van 0,59% bij de beenhouwer functies. Deze groeiratio's liggen in lijn met de groeiratio's van de afgelopen 5 jaar van Organisatie ABC.

Wanneer de stocks op een langere termijn van 10 jaar worden voorspeld, zijn de resultaten van uit tabel 10 bekomen.

**TABEL 10: VOORSPELDE STOCKS OVER 10 JAAR**

Functiegroep kader + winkelfuncties	1	2	3	4	5	6	Totaal aantal personeelsleden
2026	1	6	60	145	264	1340	1816

Funcatiegroep Beenhouwer functies	7	8	9	10	11	Totaal aantal personeelsleden
2026	0	46	42	464	9	561

Wat betreft de groeivoet op langere termijn, wordt voor de kader- en winkelfuncties een groeivoet van 15,52% tussen de jaren 2016 en 2026 bekomen en voor de beenhouwer functies een groeivoet van 10,87%. Een visuele voorstelling van de evolutie van het aantal stocks in elke functiegroep over de jaren heen, kan worden teruggevonden in bijlage 7.

**Punten tot bespreking:**

- Wat betreft functiegroep 7 binnen de beenhouwer functies, stond de stock hiervoor in 2016 op 0. Aangezien er weinig transities zijn naar deze functiegroep, alsook weinig aanwerving voor deze functiegroep, blijft ook de voorspelling voor komende jaren voor functiegroep 7 op 0 personeelsleden staan.
- Er kan worden gesteld dat indien Organisatie ABC haar huidig HRM-beleid aanhoudt – zowel op vlak van transitiekansen, alsook op vlak van aanwerving – de groeivoet over 10 jaar voor de kader- en winkelfuncties enerzijds en voor de beenhouwer functies anderzijds respectievelijk 15,52% en 10,87% zal bedragen. Zoals blijkt uit de figuren in bijlage 7, is de groeivoet van 15,52% voor de kader- en winkelfuncties voornamelijk te merken aan de groei van functiegroep 6, zijnde de bediende-verkopers. Deze hebben namelijk een groei van 14,82%. Ook functiegroep 5, zijnde de verantwoordelijken voor een bepaalde afdeling, stijgt van 230 personeelsleden in 2016 naar 264 personeelsleden in 2026. Wat betreft de groeivoet voor de beenhouwer functies, is het voornamelijk functiegroep 10, zijnde de beenhouwer verkopers en de verkopers beenhouwerij, die een grote groeivoet met zich meebrengt, namelijk 15,14%. De functiegroep 11 daarentegen, zijnde de leerling beenhouwers, daalt in 2026 met 35,70% tegenover 2016.

**5.2.7. CONGRUEREN VAN DE VOORSPELDE MET DE GEWENSTE PERSONEELSSTRUCTUUR**

Voor de zevende en laatste stap, zijnde het congrueren van de voorspelde met de gewenste personeelsstructuur, worden in eerste instantie de “punten tot bespreking” uit de voorgaande zes stappen afgetoetst met een kwalitatief interview met mijn HR-contact binnen Organisatie ABC. Vervolgens worden de voorspellingen aangepast op basis van de input die werd verkregen uit het interview.

**a. De kwalitatieve aanpak van Organisatie ABC**

Zoals reeds is aangehaald hanteert Organisatie ABC een kwalitatief HRM-beleid. Wel is Organisatie ABC tevreden dat hun kwalitatieve resultaten eens getoetst werden met behulp van een kwantitatief model. Bovendien is vastgesteld dat de kwantitatieve methode vanuit deze masterproef enorm veel raakvlakken vertoont met de kwalitatieve methode van Organisatie ABC. Zoals zal blijken uit het vervolg van deze stap, kunnen de kwantitatieve resultaten veelal verklaard worden door de kwalitatieve bevindingen van Organisatie ABC.

**b. De opvallende daling in de groeivoet van Organisatie ABC**

De dalende groei heeft te maken met de crisis die heerst binnen de Retail sector. Deze is namelijk in transformatie omwille van automatisering, alsook omwille van E-commerce. Het doel van Organisatie ABC is aldus om de productiviteit te laten toenemen, met behoudt van hetzelfde aantal personeelsleden.

**a. De opvallende transitiekansen uit de transitie matrix op basis van functiegroepen**

- Het valt op dat voor functiegroep 11 – beenhouders in opleiding - zowel de promotiekans alsook de kans op uitstroom telkens de grootste is die in de matrix aanwezig is. Beenhouders zijn een erg schaars beroep waardoor ze, indien ze goed zijn, binnen Organisatie ABC 100% kans hebben om te promoveren naar functiegroep 10, zijnde beenhouwer verkoper, wat de grote kans op promotie verklaart. De grote kans op uitstroom kan verklaard worden op basis van twee mogelijkheden: een eerste mogelijkheid is dat ze elders een beter aanbod krijgen, net omwille van hun schaarste, waardoor ze Organisatie ABC vrijwillig verlaten. Een tweede mogelijkheid is dat ze niet voldoende goed zijn, waardoor ze Organisatie ABC gedwongen dienen te verlaten.
- Ook de grote demotiekansen vanuit onder meer functiegroep 5 vallen op. Dit verklaarde Organisatie ABC door een te snelle groei in de jaren 2005 tot en met 2008 waardoor er veel personeelsleden zijn gepromoveerd die hier eigenlijk niet klaar voor waren, wat resulteerde in demoties de daarop volgende jaren.

**b. De afwezigheid van bepaalde verklarende variabelen**

- De afwezigheid van bepaalde variabelen, die in de literatuur als verklarend worden geacht, wordt hierbij besproken. Organisatie ABC is verbaasd dat het als dan niet voltijds werken niet als verklarende variabele wordt beschouwd bij de promotiekansen aangezien zij intuïtief denken dat dit weldegelijk het geval is. Dat het aantal kinderen en burgerlijke staat niet voorkomen, verwondert hen minder omdat dit voor hun factoren zijn die er niet toe doen bij het al dan niet efficiënt kunnen uitoefenen van een bepaalde functie.

**a. De transitiekansen op basis van algemene variabelen vanuit de literatuur**

- Grotere uitstroom van mannen dan van vrouwen: Organisatie ABC heeft hier niet onmiddellijk een verklaring voor. Zij vermoeden dat dit te maken heeft met het aantal uren dat mannen en vrouwen werken, maar de variabele omtrent het al dan niet voltijds werken is in dit model niet aanschouwd als verklarende variabele.
- Grotere kans op promotie voor jonge personeelsleden met een lagere anciënniteit: Organisatie ABC stelde duidelijk dat personeelsleden die zich in een 'lagere' functie bevinden met een heel hoge anciënniteit niet meer zullen promoveren. Indien dit hun ambitie was en dit binnen hun capaciteiten lag, was deze promotie al gebeurd. Binnen Organisatie ABC zijn de eerste 5 jaar essentieel om te bepalen of het personeelslid zal promoveren naar de hogere functies, of dat deze zal blijven in de functie waar het personeelslid zich op dat moment bevindt.

**b. De transitiekansen op basis van specifieke variabelen voor Organisatie ABC**

- Grotere uitstroom van personeelsleden met een universitair diploma of 'leeg: het feit dat personeelsleden met universitair diploma zich in dezelfde subgroep bevinden als personeelsleden met een diplomasoort 'leeg' is hoogstwaarschijnlijk mede te wijten aan het feit dat de personeelsleden met een diplomasoort 'leeg' weldegelijk over een diploma beschikken maar al dusdanig lang in dienst zijn dat bij hun aanwerving, het diploma nog niet in een computersysteem werd verwerkt. De reden waarom personeelsleden met een universitair diploma vanuit functiegroep 6 zo een grote kans op uitstroom hebben, is volgens Organisatie ABC omdat dit voor vele (jonge) personeelsleden als een starters-functie wordt aanzien: het is vrij eenvoudig hier binnen te geraken en deze job te behouden tot iets beter wordt gevonden.
- Grotere promotiekans voor de 'beenhouwer verkoper' dan de 'verkoper beenhouwerij': dit is logisch te verklaren. De beenhouwer verkopers zijn personeelsleden met een beenhouwer opleiding, daar waar de verkoper beenhouwerij louter verkopers zijn. Het is dus logisch dat deze laatsten zo goed als geen kans hebben om over te gaan naar functiegroep 9, zijnde 'beenhouwer eerste verkoper'. Voor de beenhouwer verkopers daarentegen is deze kans wel groot, opnieuw omwille van de schaarste van het beroep.
- Grotere kans op uitstroom voor een 'kandidaat gerant' dan voor een 'eerste verkoper': Organisatie ABC legde uit dat kandidaat geranten eerste verkopers zijn die een opleiding volgen om gerant te worden. Echter is het slaagpercentage voor deze personeelsleden maar 70%, wat de uitstroomkans van 21,9% grotendeels verklaart: indien een kandidaat gerant er niet in slaagt om effectief gerant te worden, verlaten ze al snel Organisatie ABC.
- Grotere kans van uitstroom bij Waals Brabant Oost en West dan bij Centrum, Bergen en het Doornikse: dit is volgens Organisatie ABC te wijten aan het verschil in welvarendheid van bepaalde regio's. Daar waar de welvaart hoog is, en de werkloosheidsgraad laag, zijn

personeelsleden sneller geneigd om Organisatie ABC te verlaten en op zoek te gaan naar een andere job. Daar waar de werkloosheid hoog is, zullen de personeelsleden dit risico niet nemen.

---

#### BESPREKING VAN STAP 5: VALIDEREN VAN HET MARKOVMODEL

---

**a. Interne validiteit ontbreekt bij kader- en winkelfuncties voor de jaren 2010, 2011 en 2012**

- Alhoewel Organisatie ABC niet kan garanderen welke de échte is, konden zij twee mogelijke verklaringen geven omtrent het ontbreken van interne validiteit bij de jaren 2010, 2011 en 2012:
  1. Er zijn in die periode winkels geopend en gesloten waardoor extra personeel diende worden aangeworven en ontslagen.
  2. De verantwoordelijkheid voor aanwerving en promotie is gedurende die periode overgegaan van de regiomanager naar de gerant waardoor er tijdelijk anders werd omgegaan met personeelstransities.

**b. De grotere voorspellende kracht voor beenhouwer functies dan voor kader- en winkelfuncties**

- Aangezien beenhouwer een knelpuntberoep is, stelt Organisatie ABC dat het noodzakelijk is hierbij de nodige hiërarchie en promotie te voorzien om deze personeelsleden zeker te behouden. Anders wordt een grote vorm van uitstroom waargenomen, zoals blijkt bij functiegroep 11.

---

#### BESPREKING VAN STAP 6: VOORSPELLEN VAN DE PERSONEELSSTRUCTUUR

---

**a. Het wegvallen van functiegroep 7**

- Organisatie ABC gaf aan dat functiegroep 7, dewelke de functie ‘afdelingshoofd beenhouwerij’ omvat, verdwenen is sinds 2016. Dit verklaart onmiddellijk waarom deze functie 0 personeelsleden omvat. De reden van deze verdwijning is omdat de taken van de functie werden bijgevoegd bij het takenpakket van de regiomanager uit functiegroep 2. De voorspellingen omtrent het 0 aantal personeelsleden binnen de functiegroep zijn aldus terecht.

**b. De stijgende groeivoet over de jaren heen**

- Wat betreft de relatief hoge groeivoet naar de toekomst toe, stelt Organisatie ABC dat ze eerder de dalende groeitrend die zich de afgelopen 10 jaar heeft voorgedaan, willen aanhouden. Hun voorspelde groeivoet ligt eerder rond de 0% die zich voordoet in 2016 voor de kader- en winkelfuncties. Organisatie ABC haalt zelfs aan dat er zich een negatieve groeivoet zou kunnen voordoen in de komende jaren, zoals deze zich reeds voordeed in 2016 bij de stock van de beenhouwer functies. Deze negatieve groeivoet bij de beenhouwer functie heeft te maken met de omschakeling naar zelfbediening wat betreft de beenhouwerij, waardoor er minder personeel nodig is.

Organisatie ABC gaf aan dat hun gewenste personeelsstructuur meer de trend van de afnemende groeivoet over de afgelopen 10 jaar volgt. Dit omdat zij erin geloven dat de periode van hoge groeivoet zoals zij die verscheidene jaren terug kenden, voorbij is. Dit heeft deels te maken met de crisis die heerst binnen de Retail sector. Deze is namelijk in transformatie omwille van automatisering, alsook omwille van E-commerce. Het doel van Organisatie ABC is aldus om de productiviteit te laten toenemen, met behoudt van hetzelfde aantal personeelsleden. Integendeel, hun toekomstperspectief impliceert zelfs om het aantal personeelsleden op termijn te laten dalen.

Omwille van deze redenen werd gekozen om het standaard Markovmodel aan te passen naar een Markovmodel die rekening houdt met een bepaalde expansiegraad. Dit impliceert dat gebruik dient te worden gemaakt van formule 8 uit sectie 2.6, zijnde  $n(t) = n(t - 1)(P + w'r) + gN(t - 1)r$ .

Organisatie ABC kon geen exact gewenste groeivoet geven, maar stelt enkel dat ze de dalende trend van de afgelopen 10 jaar zullen aanhouden. Omwille van deze reden werd zowel voor de kader- en winkelfuncties, alsook voor de beenhouwer functies een regressierechte opgesteld op basis van de groei over de afgelopen 10 jaar. De rechte werd doorgetrokken naar de komende 10 jaar; dit impliceert dat voor elk jaar een andere groeivoet werd gehanteerd, gebaseerd op de regressierechte. De regressierechte voor kader- en winkelfuncties was dan de volgende:  $0.091 - 0.009t$ , waarbij  $t$  het jaartal voorstelt, gaande van 1 tot en met 19, waarbij 1 staat voor 2008 en 19 voor 2026. Zo was de groeivoet voor 2017 tegenover 2016 voor kader- en winkelfuncties bijvoorbeeld 0.1%, terwijl de groeivoet voor 2026 tegenover 2025 -9% is. De regressierechten zelf zijn terug te vinden in bijlage 8.

Het toepassen van bovenstaande formule in R, gebeurde met behulp van de volgende functie:

```
voorspeldestock_winkel2020 <- round(( voorspeldestock_winkel2019 %*% (transitiewinkel + wastagewinkel
%*% Transitieinstroomwinkel) + groeiwinkel2020 * sum(voorspeldestock_winkel2019) %*%
Transitieinstroomwinkel),0);
```

Opnieuw worden de voorspelde stocks van de winkel met de kaderfuncties, alsook die van de beenhouwer functies in 2017 weergegeven in tabel 11. Hierbij worden de werkelijke stocks vanuit 2017 toegevoegd alsook de afwijking van de voorspelde stocks tegenover de werkelijke stocks.

**TABEL 11: VERGELIJKING TUSSEN VOORSPELDE EN WERKELIJKE STOCKS VOOR 2017**

Funcatiegroep kader + winkelfuncties	1	2	3	4	5	6	Totaal aantal personeelsleden
Voorspeld 2017	1	6	51	122	234	1159	1573
Realiteit 2017	1	6	52	118	235	1139	1551
Afwijking	0	0	-1	4	-1	20	22

Funcatiegroep Beenhouwer functies	7	8	9	10	11	Totaal aantal personeelsleden
Voorspeld 2017	0	46	42	401	10	499
Realiteit 2017	0	47	46	392	17	502
Afwijking	0	-1	-4	9	-7	-3

Wat betreft de kader- en winkelfuncties zijn de stocks op basis van het model overschat. In realiteit ligt het totaal aantal personeelsleden namelijk lager. Het verschil in het totaal aantal personeelsleden tussen de voorspelde stocks en de werkelijke stocks, is voornamelijk te wijten aan functiegroep 6. Wat betreft de beenhouwer functies, onderschat het model het aantal stocks. Echter bedraagt de totale afwijking slechts 3 personeelsleden op 502.

De voorspellingen voor 2026 worden tenslotte weergegeven in tabel 12. De voorspelling voor de jaren tussen 2017 en 2026 kunnen worden teruggevonden in bijlage 9.

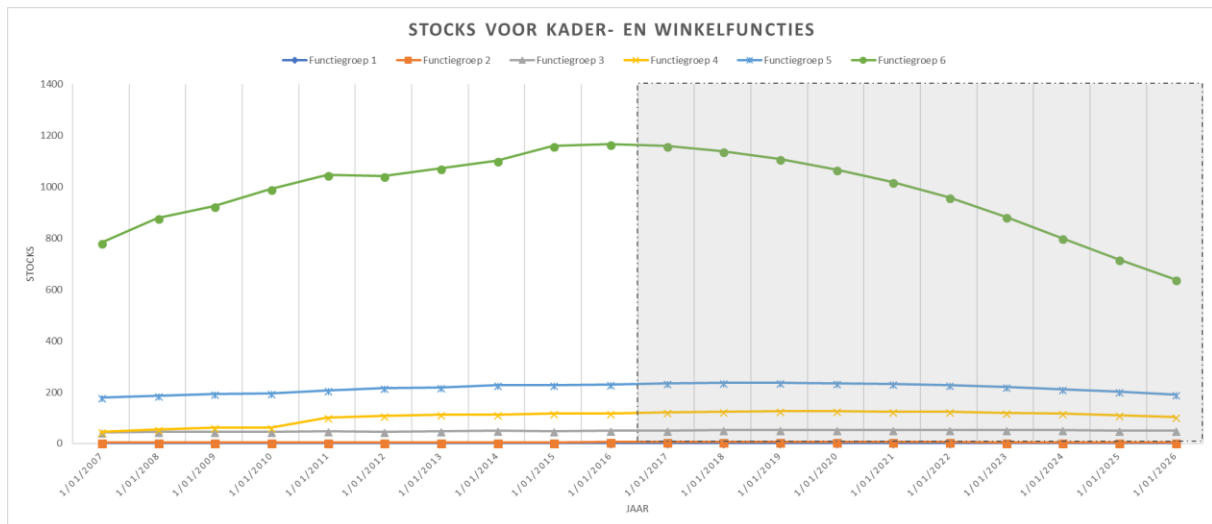
**TABEL 12: VOORSPELDE STOCKS VOOR 2026 VOOR KADER- EN WINKELFUNCTIES ALSOOK VOOR BEENHOEWER FUNCTIES**

Funcatiegroep kader + winkelfuncties	1	2	3	4	5	6	Totaal aantal personeelsleden
2026	1	5	50	103	191	639	989

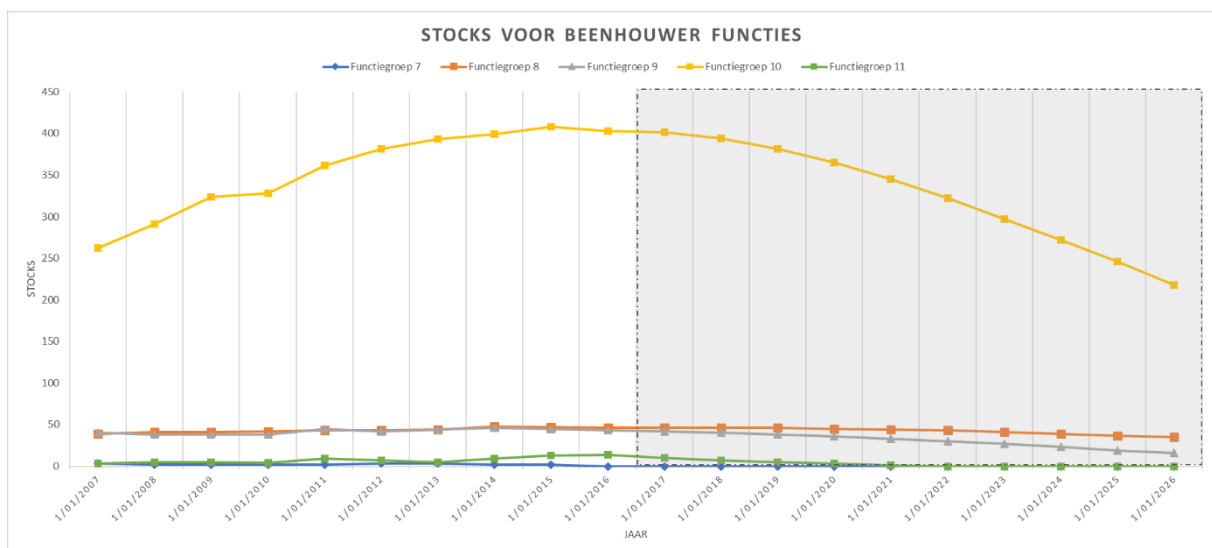
Funcatiegroep Beenhouwer functies	7	8	9	10	11	Totaal aantal personeelsleden
2026	0	35	16	218	0	269

Terugkoppeling naar stap 1: zoals blijkt uit het interview met Organisatie ABC is beenhouwer een schaars beroep. Het is ook daarom dat Organisatie ABC in de afgelopen 10 jaar heeft getracht functiegroep 11 te laten toenemen van 3 personeelsleden in 2007 tot 14 personeelsleden in 2016. Echter, op basis van de voorspellingen van het Markovmodel, zou deze groep in 2026 geen personeelsleden meer omvatten.

In figuren 13 en 14 wordt een visuele voorstelling gegeven van het de stocks van 2007 tot en met 2026. De stocks die zich in de lichtgrijze kader bevinden zijn de voorspelde stocks op basis van het Markovmodel.



FIGUUR 13: STOCKS VOOR KADER- EN WINKELFUNCTIES



FIGUUR 14: STOCKS VOOR BEENHOUWER FUNCTIES



Terugkoppeling naar stap 1: indien Organisatie ABC werkelijk de huidige dalende trend blijft aanhouden zoals deze zich voordeed de afgelopen 10 jaar, zullen de stocks in het algemeen, maar voornamelijk van functiegroep 6 en 10 enorm dalen. Het lijkt er zelf op dat de groei die Organisatie ABC gedurende de eerste 10 jaar heeft opgebouwd, de komende 10 jaar opnieuw ongedaan zal worden gemaakt.

Concluderend wordt, op basis van het toegepaste PDCA-stappenplan bij de casestudie, een korte SWOT-analyse voor Organisatie ABC opgesteld.

Een sterkte (Strength) van Organisatie ABC is dat er transitie in alle richtingen mogelijk zijn. Bovendien hebben demoties hierbij niet altijd een negatieve connotatie, in tegenstelling tot de negatieve impact van demoties die blijkt uit de literatuur in sectie 2.1.3. Een zwakte (Weakness) van Organisatie ABC is de combinatie tussen de huidige transitiekansen en de huidige aanwervingshoeveelheden van personeel: indien deze combinatie behouden blijft, zal de organisatie in de toekomst meer groeien dan wenselijk is. Een opportuniteit (Opportunity) van Organisatie ABC is de mogelijkheid om het vooropgestelde kwantitatieve model te gebruiken in combinatie met hun huidig kwalitatief beleid. Door de raakvlakken zal deze combinatie tot een meer gecontroleerd en onderbouwd HRM-management leiden. Een bedreiging (Threat) van Organisatie ABC is het feit dat beenhouwers op de arbeidsmarkt schaars zijn en dus een knelpuntberoep vormen.

Door de vele transitiemogelijkheden (Strength) kan Organisatie ABC echter aantrekkelijke loopbanen creëren voor het knelpuntberoep beenhouwer (Threat), zoals blijkt uit tabel 3 in sectie 5.2.3. De promotiekansen voor beenhouwer functies zijn immers redelijk hoog. Indien Organisatie ABC hun beleid zowel kwalitatief alsook kwantitatief zou onderbouwen (Opportunity) kan zij in de toekomst de impact van de combinatie van transitiekansen en aanwervingen beter inschatten (Weakness). Op deze manier zou Organisatie ABC sneller actie kunnen ondernemen om te zorgen dat de voorspelde personeelsstructuur zo dicht mogelijk aanleunt bij de gewenste personeelsstructuur.

## 6. DRAAIBOEK VOOR HET TOEPASSEN VAN HET PDCA-STAPPENPLAN

Om de concrete toepassing van dit onderzoek voor organisaties te vergemakkelijken, is een draaiboek opgesteld dat door elk HRM-management kan worden aangewend om op een meer efficiënte wijze om te gaan met personeelstransities en op die manier de gewenste personeelsstructuur te verkrijgen.

Dit draaiboek bundelt zowel de kennis vanuit de literatuurstudie, de structuur van het PDCA-stappenplan alsook de inzichten verkregen vanuit de casestudie. Het omvat voor elke stap van het PDCA-stappenplan een fiche die het doel, de procedure, een visuele voorstelling, een voorbeeld vanuit de casestudie alsook bijkomende relevante literatuur bondig weergeeft.

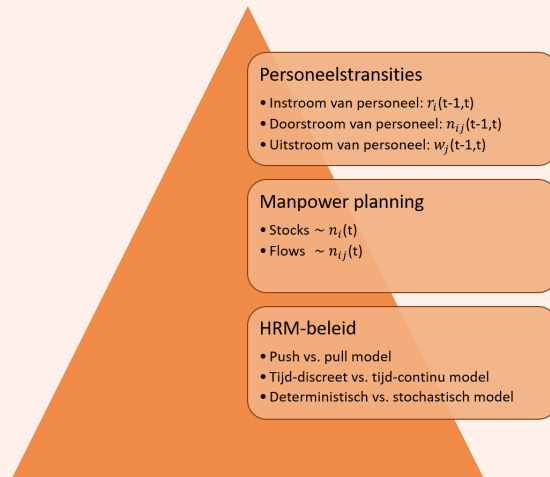
Figuur 15 omvat de template van de fiches. Het geheel uitgewerkte draaiboek kan in wat volgt worden teruggevonden.



FIGUUR 15: TEMPLATE FICHE

## Stap 1: Modelleren van HRM-beleid, inclusief manpower planning

- **Doel**  
Nagaan hoe het huidige HRM-beleid wordt gevoerd
- **Procedure**
  - Op basis van een interview nagaan welke HRM-strategieën worden toegepast:
    - Push vs. pull model
    - Tijd-discreet vs. tijd-continu model
    - Deterministisch vs. stochastisch model
  - Een inzicht krijgen in de correcte termen omtrent manpower planning en personeelstransities
- **Visuele voorstelling**



## Stap 1: Vervolg

- **Voorbeeld uit de casestudie**  
Uit een interview blijkt dat Organisatie ABC gebruik maakt van de volgende strategieën: het push model, een tijd-continu model alsook een stochastisch model. Verder is ook de groei van de stocks over de afgelopen jaren besproken en is er reeds een korte blik naar de toekomst geworpen.

	Totale stock	Groei in absolute aantallen	Groeipercentage
31/12/2007	1404		
31/12/2008	1548	144	0,1026
31/12/2009	1643	95	0,0614
31/12/2010	1715	72	0,0438
31/12/2011	1870	155	0,0904
31/12/2012	1896	26	0,0139
31/12/2013	1947	51	0,0269
31/12/2014	2004	57	0,0293
31/12/2015	2075	71	0,0354
31/12/2016	2078	3	0,0014

- **Achterliggende informatie**
  - Bartholomew, D. J., Forbes, A. F., & McClean, S. I. (1991). *Statistical techniques for manpower planning*. John Wiley & Sons.
  - Dimitriou, V. A., Georgiou, A. C., & Tsantas, N. (2014). On the equilibrium personnel structure in the presence of vertical and horizontal mobility via multivariate Markov chains. *Journal of the Operational Research Society*, 66(6), 993-1006.
  - Guerry, M. A., & De Feyter, T. (2009). Markovian approaches in modeling workforce systems. *Journal of Current Issues in Finance, Business and Economics*, 2(4), 351-370.
  - Hendry, C. (2012). *Human resource management*. Routledge.

## Stap 2: Selecteren van een geschikt Markovmodel

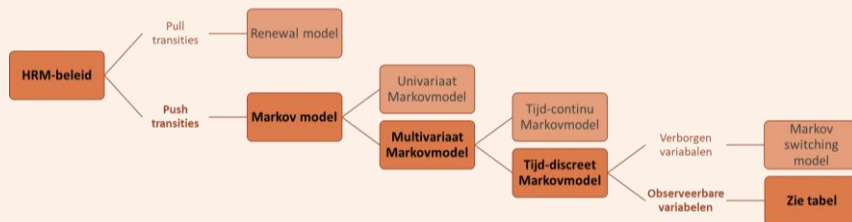
### • Doel

Nagaan welk Markovmodel geschikt is om toe te passen op de organisatie.

### • Procedure

- Nagaan of een Markovmodel überhaupt wel geschikt is voor de organisatie. Dit is het geval wanneer het push-model gehanteerd wordt.
- Op basis van afwegingen een geschikt Markovmodel selecteren:
  - Univariaat vs. multivariaat
  - tijd-continu vs. tijd-discreet
  - Observeerbare vs. verborgen variabelen
- Nagaan of aan de onderstaande assumpties is voldaan:
  - Tijd-homogeniteit
  - Duratie-effecten

### • Visuele voorstelling



Tijd-homogeen? Duratie-effecten?	Ja	Nee
Nee	<b>Tijd-homogeen Markovmodel</b>	Niet-tijd-homogeen Markovmodel
Ja	Tijd-homogeen Semi-Markovmodel	Niet-tijd-homogeen semi-Markovmodel

## Stap 2: Vervolg (1/2)

### • Voorbeeld uit de casestudie

Uit stap 1 blijkt reeds dat Organisatie ABC onder meer push-modellen hanteert waardoor Markovmodellen een geschikte tool zijn.

Verder is gekozen voor een multivariaat Markovmodel aangezien men de personeelsstructuur van Organisatie ABC wil voorspellen op basis van meerdere variabelen. Ook is besloten te werken met tijd-discrete modellen aangezien de transities in deze casestudie worden bepaald op basis van de functie van een bepaald persoon op een vaste tijdstippen. Aangezien de focus van deze masterproef valt op de observeerbare variabelen, worden de verborgen variabelen (dewelke niet aanwezig zijn in de database) buiten beschouwing gelaten.

Voorlopig wordt voor deze casestudie ook gekozen om de hypothesen van tijdshomogeniteit en de afwezigheid van duratie effecten te aanvaarden, waardoor er gebruik kan gemaakt worden van het tijd-homogeen Markovmodel. In een latere stap zal worden getest of het aanvaarden van deze hypothesen al dan niet terecht is.

## Stap 2: Vervolg (2/2)

### • Achterliggende informatie

- Tijd-homogene Markovmodellen:
  - Bartholomew, D. J. (1971). The Statistical Approach to Manpower Planning. *The Statistician*, 20(1), 3-15.
  - Dimitriou, V. A., Georgiou, A. C., & Tsantas, N. (2014). On the equilibrium personnel structure in the presence of vertical and horizontal mobility via multivariate Markov chains. *Journal of the Operational Research Society*, 66(6), 993-1006.
  - Guerry, M. A., & De Feyter, T. (2009). Markovian approaches in modeling workforce systems. *Journal of Current Issues in Finance, Business and Economics*, 2(4), 351-370.
- Overige Markovmodellen:
  - Univariaat: Bartholomew, D. J., Forbes, A. F., & McClean, S. I. (1991). *Statistical techniques for manpower planning*. John Wiley & Sons.
  - Tijd-continu: Baier, C., Haverkort, B., Hermanns, H., & Katoen, J. (2003). Model-checking algorithms for continuous-time Markov chains. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 29(6), 524-541.
  - Markov-Switching: Guerry, M. (2011). Hidden heterogeneity in manpower systems: A Markov-switching model approach. *European Journal of Operational Research*, 210(1), 106-113.
  - Niet tijd-homogeen: Vassiliou, P. C. (1997). The evolution of the theory of non-homogeneous Markov systems. *Applied Stochastic Models in Business and Industry*, 13(3-4), 159-176.
  - Semi-Markov: McClean, S. (1991). Manpower planning models and their estimation. *European Journal of Operational Research*, 51(2), 179-187.

## Stap 3: Opsplitsen van een heterogene personeelsgroep in homogene subgroepen

### • Doel

De heterogene personeelsgroep van de database opsplitsen in meer homogene subgroepen opdat de transitiekansen betrouwbaarder worden.

### • Procedure

- De personeelsgroep opsplitsen in subgroepen waarvoor de transitiekansen wenselijk berekend te worden.
- Het bepalen van de verklarende variabelen
- De subgroepen verder opsplitsen op basis van verklarende observeerbare variabelen.
- De minimale groepsgrootte bepalen op basis van twee formules alsook nagaan of verschillende subgroepen niet kunnen worden samengenomen op basis van een betrouwbaarheidsinterval.

### • Visuele voorstelling



## Stap 3: Vervolg (1/4)

### •Voorbeeld uit de casestudie

Voor deze casestudie wordt gewerkt met het programma R. Om deze analyse in R te kunnen uitvoeren, is een basiskennis vereist. Enkel de meeste cruciale functies worden hier besproken. Naast de basisformules waarover R beschikt, dient ook het pakket "party" te worden geïnstalleerd.

- `install.packages("party");`
- `library(party);`

Fase 1: de heterogene groep onderverdelen in subgroepen op basis van hun functie door een nieuwe variabele "functiegroep" in R te creëren:

- `database$functiegroep <- ifelse(database$Functie=="Eerste Beenhouwer",9,database$functiegroep);`
- `database$functiegroep <- ifelse(database$Functie=="Beenhouwer Verkoper" | database$Functie=="Verkoper Beenhouwerij",10,database$functiegroep);`

•...

Laat R ook een variabele "functiegroepvolgendjaar" aanmaken die weergeeft in welke subgroep dit personeelslid het jaar nadien zit om te controleren of er al dan niet een transitie heeft plaatsgevonden:

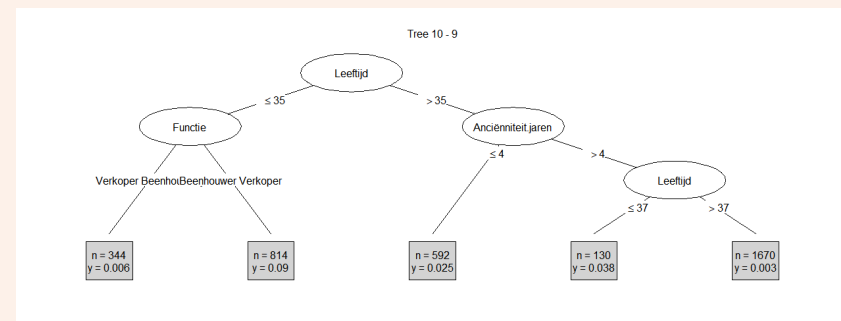
- `database$functiegroepvolgendjaar <- seq(0,0,lenght.out(18181) );`
- `for(i in 1:18180){database$functiegroepvolgendjaar[i] <- ifelse(database$Datum[i] == "31/12/2016", database$functiegroep[i], (ifelse(database$ID[i] == database$ID[i+1], database$functiegroep[i+1], 99))}}`

Fase 2: De variabelen die in dit geval zijn meegegeven zijn de volgende: geslacht, leeftijd, burgerlijke staat, aantal kinderen, anciënniteit, diplomasoort, FTE alsook de regio van tewerkstelling.

## Stap 3: Vervolg (2/4)

•Fase 3: de gecreëerde subgroepen verder opsplitsen op basis van de verklarende variabelen door R beslissingsbomen te laten opstellen. Belangrijk hierbij is de keuze van de transitie waarop de beslissingsboom is gebaseerd. In dit voorbeeld werd gekozen voor een combinatie tussen promotie van één functiegroep en uitstroom. Voor elke transitie werd aldus een boom opgesteld en later werden beide bomen samengevoegd.

- `subset10<- subset ( database, functiegroep == 10 ) ;`
- `Tree109 <- ctree (subset10$functiegroepvolgendjaar=="9" ~Functie+Anciënniteit.jaren+Diploma+ +FTE+Geslacht+Leeftijd+ Burgerlijkestaat+Aantalkinderen, data=subset10);`
- `plot(Tree109, main="Tree 10 - 9",inner_panel=node_inner(Tree109,pval = FALSE, id=FALSE), terminal_panel=node_terminal(Tree109, id=FALSE));`



Deze stap dient te worden herhaald voor elke functie. In bovenstaand voorbeeld wordt subgroep 10 verder opgesplitst in 5 nieuwe subgroepen.

### Stap 3: Vervolg (3/4)

Fase 4: De minimale groeps grootte kan per beslissingsboom worden bepaald met behulp van twee formules, zijnde

$$n = \frac{(z)^2 * p * (1-p)}{(m)^2} \text{ en } n^* = \frac{n}{\left(1 + \frac{n}{\text{population}}\right)}$$

Deze minimale groeps grootte kan in R worden bijgevoegd bij "Ctree" met behulp van volgend commando:

```
controls=ctree_control(minbucket= 176)
```

Tenslotte dient te worden nagegaan of bepaalde subgroepen niet kunnen worden samengevoegd tot één finale subgroep doordat hun overgangskansen niet significant verschillen op basis van onderstaand betrouwbaarheidsinterval. Onderstaand voorbeeld komt uit twee subgroepen voor de beslissingsboom op basis van promotie van functiegroep 10 naar functiegroep 9. De kansen voor beide subgroepen waren respectievelijk 0.6% en 0.3%. Het aantal personeelsleden in deze subgroepen waren 344 en 1670. Het betrouwbaarheidsinterval wordt als volgt berekend:

$$\begin{aligned} \bullet BI &= \left[ -1.96 \sqrt{\frac{p_1(1-p_1)}{n_1-1} + \frac{p_2(1-p_2)}{n_2-1}}, 1.96 \sqrt{\frac{p_1(1-p_1)}{n_1-1} + \frac{p_2(1-p_2)}{n_2-1}} \right] \\ \bullet BI &= \left[ -1.96 \sqrt{\frac{0.006(1-0.006)}{344-1} + \frac{0.003(1-0.003)}{1670-1}}, 1.96 \sqrt{\frac{0.006(1-0.006)}{344-1} + \frac{0.003(1-0.003)}{1670-1}} \right] \\ \bullet BI &= [-0.009, 0.009] \end{aligned}$$

Aangezien het verschil tussen beide subgroepen 0.003 bedraagt en dit binnen het betrouwbaarheidsinterval ligt, verschillen beide transitiekansen niet significant van elkaar. Op deze manier worden 10 subgroepen samengenomen.

Al deze stappen samen genomen, resulteert in 30 finale subgroepen waarmee verder is gewerkt.

### Stap 3: Vervolg (4/4)

#### • Achterliggende informatie

- Fase 1: Opsplitsen op basis van graad
  - Dit dient te worden bepaald op basis van de hiërarchie van de organisatie
- Fase 2: Observeerbare variabelen
  - Guerry, M. (2011). Hidden heterogeneity in manpower systems: A Markov-switching model approach. *European Journal of Operational Research*, 210(1), 106-113.
  - Guerry, M. A., & Peeters, P. (2005). Manpower planning voor openbare besturen. *Academia Press*.
  - Ugwuowo, F., & McClean, S. (2000). Modelling heterogeneity in a manpower system: a review. *Applied Stochastic Models in Business and Industry*, 16(2), 99-110.
- Fase 3: Verdere opsplitsing
  - De Feyter, T. (2006). Modelling heterogeneity in manpower planning: dividing the personnel system into more homogeneous subgroups. *Applied Stochastic Models in Business and Industry*, 22(4), 321-334.
  - Rombaut, E., & Guerry, M. A. (2015). Decision trees as a Classification Technique in Manpower Planning. *Statistical, Stochastic and Data Analysis Methods & Applications*, 277-293.
- Fase 4: Homogeniteit vs. de grootte van de subgroep
  - Barlett, J. E., Kotrlik, J. W., & Higgins, C. C. (2001). Organizational research: Determining appropriate sample size in survey research. *Information technology, learning, and performance journal*, 19(1), 43-50.
  - Moore, D. S., & McCabe, G. P. (2014). *Statistiek in de praktijk*. Academic service.

## Stap 4: Inschatten van transitiekansen

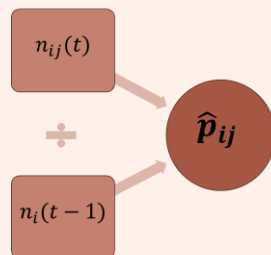
- **Doel**

Het berekenen van de transitiekans van de ene naar de andere subgroep, alsook het berekenen van de kans dat een personeelslid uit een bepaalde subgroep de organisatie verlaat.

- **Procedure**

- Bereken de kansen met behulp van volgende formule:  $p_{ij} = \frac{n_{ij}}{n_i}$
- Stel een transitiematrix op door dit te herhalen voor elke mogelijke transitie.

- **Visuele voorstelling**



- **Voorbeeld uit de casestudie**

Vooraleer de transitiekansen kunnen worden ingeschat, dienen twee nieuwe variabelen gecreëerd te worden, gebaseerd op de finale subgroepen uit de vorige stap. Deze creatie gebeurt op dezelfde manier als in stap 3:

## Stap 4: Vervolg (1/2)

- `database$homogengroepgroep <- seq(0,0,length.out(18181))`
- `database$functiegroep <- ifelse(database$Functie=="X" & database$Geslacht=="V" , 1, database$homogengroep);`
- `database$functiegroep <- ifelse(database$Functie=="X" & database$Geslacht=="M" , 2, database$homogengroep );`
- `for(i in 1:18180){database$homogengroepvolgendjaar[i] <- ifelse(database$Datum[i] == "31/12/2016", database$homogengroep[i], (ifelse(database$ID[i] == database$ID[i+1], database$homogengroep[i+1], 99)))}`

Met behulp van een functie in R, kan de transitiematrix met bijhorende transitiekansen worden opgesteld:

- `round(prop.table(table(database$homogengroep, database$homogengroepvolgendjaar), 1), 3);`

- 1 slaat op het feit dat de proporties per rij moeten worden bepaald.
- 3 slaat op het feit dat de proporties moeten worden afgerond tot 3 cijfers na de komma

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0.70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.02	0.882	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.00	0.006	0.926	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.00	0.000	0.016	0.880	0.000	0.000	0.002	0.005	0.009	0.005	0.004	0.000
5	0.00	0.000	0.104	0.000	0.522	0.030	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	0.00	0.000	0.052	0.175	0.004	0.617	0.007	0.007	0.004	0.004	0.004	0.000
7	0.00	0.000	0.000	0.004	0.000	0.002	0.886	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000
8	0.00	0.000	0.000	0.013	0.000	0.000	0.000	0.889	0.000	0.000	0.000	0.000
9	0.00	0.000	0.000	0.033	0.000	0.020	0.000	0.106	0.744	0.000	0.000	0.000
10	0.00	0.000	0.000	0.040	0.000	0.020	0.100	0.003	0.000	0.744	0.000	0.000
11	0.00	0.000	0.007	0.026	0.000	0.062	0.007	0.000	0.000	0.081	0.723	0.010
12	0.00	0.000	0.005	0.045	0.000	0.068	0.000	0.018	0.059	0.000	0.009	0.709



## Stap 4: Vervolg (2/2)

### • Achterliggende informatie

- Anderson, T. W., & Goodman, L. A. (1957). Statistical Inference about Markov Chains. *The Annals of Mathematical Statistics*, 28(1), 89-110.
- Guerry, M. A., & De Feyter, T. (2009). Markovian approaches in modeling workforce systems. *Journal of Current Issues in Finance, Business and Economics*, 2(4), 351-370.

## Stap 5: Valideren van het model

### • Doel

Het doel van deze stap is tweeledig. In eerste instantie dient de keuze voor het tijd-homogeen Markovmodel te worden gevalideerd. Vervolgens dient de voorspellingskracht van het gekozen Markovmodel te worden gevalideerd.

### • Procedure

- Valideren van de keuze van het Markovmodel
  - Assumptie van tijd-homogeniteit valideren met behulp van een chi-kwadraat test
  - Assumptie van de afwezigheid van duratie-effecten valideren aan de hand van de significantie van de verklarende variabele anciënniteit
- Valideren van de voorspellingskracht
  - Interne validiteit valideren over de volledige database met behulp van een chi-kwadraat test
  - Predictieve validiteit valideren over de helft van de database met behulp van een chi-kwadraat test

### • Visuele voorstelling

#### Assumpties nagaan

Assumptie van tijd-homogeniteit  
Chi-kwadraat test

Assumptie van geen duratie-effecten  
Anciënniteit als significante verklarende  
variabele

#### Voorspellingskracht nagaan

Interne validiteit  
Een groep hanteren

Predictieve validiteit  
Twee subgroepen hanteren

## Stap 5: Vervolg (1/4)

- **Voorbeeld uit de casestudie**

Valideren van de assumpties:

- **Tijd-homogeniteit**

Voor elke functiegroep afzonderlijk is nagegaan of de geschatte transitiekansen uit stap 4 voldoende overeenstemmen met de werkelijke transitiekansen voor die functiegroep over de jaren heen. Dit gebeurde met behulp van onderstaande Chi-kwadraat toets dewelke manueel in Excel is uitgevoerd:

$$\chi^2(i) = \sum_t \sum_{j(i)} n_i(t-1) \frac{(\hat{p}_{ij}(t) - \hat{p}_{ij})^2}{\hat{p}_{ij}}$$

Aangezien de berekende Chi-kwadraat steeds lager ligt dan de kritische Chi-kwadraat met significantieniveau 1% en aantal vrijheidsgraden  $(m-1)(n-1)$ , kan de assumptie van tijd-homogeniteit worden aanvaard. Voor de kader- en winkelfuncties resulteert dit in volgende tabel:

Subgroep	Berekende Chi-kwadraat	Kritische Chi-kwadraat	Tijd-homogeen
Subgroep 19	3,85	108,77	✓
Subgroep 20	49,45	108,77	✓
Subgroep 21	59,5	108,77	✓
Subgroep 22	74,5	108,77	✓
Subgroep 23	39,29	108,77	✓
Subgroep 24	36,04	108,77	✓
Subgroep 25	28,43	108,77	✓
Subgroep 26	39,24	108,77	✓
Subgroep 27	82,78	108,77	✓
Subgroep 28	57,61	108,77	✓
Subgroep 29	56,71	108,77	✓
Subgroep 30	27,05	108,77	✓

## Stap 5: Vervolg (2/4)

- **Afwezigheid van duratie-effecten**

Aangezien anciënniteit een verklarende variabele was bij het opstellen van de beslissingenbomen, zijn er weldegelijk duratie-effecten aanwezig. Echter, aangezien deze duratie-effecten bij de opsplitsing in acht werden genomen, kan nog steeds worden gewerkt met het Markovmodel.

Aangezien beide assumpties kunnen worden aanvaard, is het tijd-homogeen Markovmodel een geschikt model voor Organisatie ABC.

- **Valideren van de voorspellingskracht:**

- **Interne validiteit**

Interne validiteit houdt in dat de paramaters worden geschat op basis van alle beschikbare jaren en vervolgens de stock wordt voorspeld voor diezelfde jaren.

Voor de 10 jaar waarover de database beschikt, wordt met behulp van de geschatte transitiekansen uit de voorgaande stap, de personeelsstructuur voor deze 10 jaar voorspeld. Dit gebeurt in R met behulp van volgende formule:

```
voorspeldestockbeenhouwer2009 <-
round((voorspeldestock_ beenhouwer2008%*%
(transitiebeenhouwer) + aanwervingbeenhouwer2009%*%
Transitiestroombeenhouwer),0);
```

Vervolgens wordt met behulp van een Chi-kwadraattest nagegaan of deze voorspelde stocks significant verschillend zijn van de werkelijke stocks gedurende deze jaren. Deze Chi-kwadraat is manueel in Excell berekend op basis van volgende formule:

## Stap 5: Vervolg (3/4)

$$\chi^2 = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n \frac{(n_i(t) - \hat{n}_i(t))^2}{\hat{n}_i(t)}$$

De bekomen waarde voor de Chi-kwadraat van de beenhouwer functies bedraagt 72,84. De kritische waarde met significantieniveau 1% en aantal vrijheidsgraden 88, bedraagt 121,77.

Aangezien de berekende waarde lager ligt dan die kritische waarde, kan de nulhypothese worden aanvaard. Dit impliceert dat het model intern valide is.

- **Predictieve validiteit**

Predictieve validiteit schat de parameters op basis van de eerste helft van de gegevens en voorspelt vervolgens voor de tweede helft. De transitiekansen worden aldus berekend op basis van de eerste 5 jaar van de database. Nadien wordt de personeelsstructuur van Organisatie ABC voorspeld voor de komende 5 jaar voor de beenhouwer functies. In R gebeurt dit op basis van de zelfde formule als voor de interne validiteit:

```
voorspeldestock_beenhouwer2013predictief <-  
round((voorspeldestock_beenhouwer2012pred%*%  
(transitiebeenhouwerpred) + aanwervingbeenhouwer2013%*%  
Transitieinstroombeenhouwerpred),0);
```

Vervolgens wordt opnieuw met behulp van dezelfde Chi-kwadraat test nagegaan of de voorspelde stocks voldoende overeenstemmen met de werkelijke stocks. Echter, ditmaal ligt de berekende Chi-kwadraat hoger dan de kritische waarde, namelijk 85,60 tegenover 68,71. Dit impliceert dat de nulhypothese verworpen wordt. Het model is dus niet predictief valide. Daarom is nagegaan voor welke jaren het model al dan niet predictief valide is. De resultaten worden weergegeven in volgende tabel:

## Stap 5: Vervolg (4/4)

Jaar	Berekende Chi-kwadraat	Kritische Chi-kwadraat	Predictieve validiteit
2012	3,22	22,61	✓
2013	2,74	22,61	✓
2014	7,55	22,61	✓
2015	20,14	22,61	✓
2016	51,96	22,61	✗

Er kan dus worden gesteld dat het model predictief valide is voor 2012 tot en met 2015, maar niet voor 2016. Dit kan bijvoorbeeld te wijten zijn aan het bepaalde externe factoren die dat jaar speelden, dewelke niet werden opgenomen in het model.

- **Aanvullende informatie:**

- Bartholomew, D. J., Forbes, A. F., & McClean, S. I. (1991). Statistical techniques for manpower planning. John Wiley & Sons.
- Guerry, M. A., & De Feyter, T. (2009). Markovian approaches in modeling workforce systems. Journal of Current Issues in Finance, Business and Economics, 2(4), 351-370.
- Hiscott, R. N. (1981). Chi-square tests for Markov chain analysis. Journal of the International Association for Mathematical Geology, 13(1), 69-80.
- Sales, P. (1971). The Validity of the Markov Chain Model for a Class of the Civil Service. The Statistician, 20(1), 85-110.

## Stap 6: Voorspellen van de toekomstige personeelsstructuur

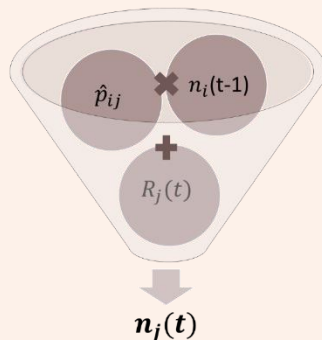
- **Doel**

Met behulp van de bevindingen uit de voorgaande stappen de personeelsstructuur op korte en lange termijn voorspellen.

- **Procedure**

• De personeelsstructuur voorspellen voor de periodes waarover de organisatie een beeld wil hebben. Dit gebeurt met behulp van volgende formule:  $n(t - 1) = n(t) * P + R * r$

- **Visuele voorstelling**



- **Voorbeeld uit de casestudie**

In R wordt bovenstaande formule gebruikt om de personeelsstructuur naar de toekomst toe te voorspellen. Het jaarlijkse aantal aanwervingen wordt bepaald op basis van het gemiddelde aantal aanwervingen over de afgelopen vijf jaar.

## Stap 6: Vervolg

Als voorbeeld wordt de stock van Organisatie ABC voorspeld binnen 2 jaar:

```
voorspeldestock_beenhouwer2018 <-  
voorspeldestock_beenhouwer2017 %*% (transitiebeenhouwer) +  
wervingbeenhouwer %*% Transitieinstroombeenhouwer;
```

De op deze manier bekomen stock wordt weergegeven aan de hand van de homogene subgroepen. Het is eenvoudiger voor Organisatie ABC om over de voorspelde stock op basis van de functiegroepen te beschikken. In R kunnen kolommen op een eenvoudige wijze worden samengevoegd via de functie 'cbind'.

De voorspelde stock voor 2018 voor het winkelpersoneel ziet er bijgevolg als volgt uit:

	1	2	3	4	5	6	Totaal
2018	1	6	52	124	236	1139	1558

- **Aanvullende informatie**

- Bartholomew, D. J. (1971). The Statistical Approach to Manpower Planning. The Statistician, 20(1), 3-26.
- Bartholomew, D. J., Forbes, A. F., & McClean, S. I. (1991). Statistical techniques for manpower planning. John Wiley & Sons.
- Guerry, M. A., & De Feyter, T. (2009). Markovian approaches in modeling workforce systems. Journal of Current Issues in Finance, Business and Economics, 2(4), 351-370.

## Stap 7: Congrueren van de gewenste met de voorspelde personeelsstructuur

- **Doel**  
De voorspelde en gewenste personeelsstructuur zo dicht mogelijk bij elkaar laten aansluiten.
- **Procedure**
  - De gewenste personeelsstructuur bepalen
  - Alternatieve strategieën aftoetsen met behulp van een 'what-if' analyse
  - Die strategie kiezen die ervoor zorgt dat de voorspelde personeelsstructuur zo dicht mogelijk aanleunt bij de gewenste
- **Visuele voorstelling**

### Bepalen van de gewenste personeelsstructuur

- Aspecten binnen controle van de organisatie
- Aspecten buiten controle van de organisatie

### Aftoetsen van alternatieve strategieën

- 'What-if' analyse
- Beleidsmaatregelen aanpassen

### Selecteren van de beste strategie

- Attainability
- Maintainability

## Stap 7: Vervolg (1/2)

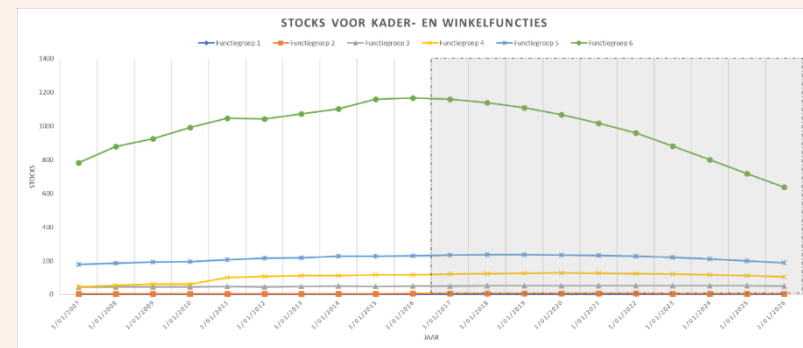
### • Voorbeeld uit de casestudie

Organisatie ABC uit deze casestudie merkte op dat de positief groeiende trend, die in de voorgaande stap bekomen werd, niet overeenstemt met hun gewenste personeelsstructuur. Eerder wensen zij de dalende trend die zich de afgelopen jaren heeft voorgedaan te behouden. Dit impliceert dat de groeivoet zal dalen tot nul, en zelfs negatief zal worden. Om deze expansiegraad te implementeren moest gebruik worden gemaakt van een andere formule, zijnde  $n(t) = n(t - 1)(P + w'r) + gN(t - 1)r$ . Hierbij stelt  $g$  de expansiegraad voor, dewelke is bepaald met behulp van een regressierechte op basis van de groeivoeten over de afgelopen 10 jaar.

Dit resulteert in R tot onderstaande formule:

```
voorspeldestock_winkel2019 <- round(( voorspeldestock_winkel2018
%% (transitiewinkel + wastagewinkel %% Transitieinstroomwinkel) +
groeiwinkel2019 * sum(voorspeldestock_winkel2018) %%
Transitieinstroomwinkel),0);
```

Wanneer dit voor 10 opeenvolgende jaren werd gedaan, kon volgende grafiek worden opgesteld:



## Stap 7: Vervolg (2/2)

### • Aanvullende informatie

- Davies, G. S. (1973). Structural Control in a Graded Manpower System. *Management Science*, 20(1), 76-84.
- De Feyter, T. (2006). Modelling heterogeneity in manpower planning: dividing the personnel system into more homogeneous subgroups. *Applied Stochastic Models in Business and Industry*, 22(4), 321-334.
- De Feyter, T., & Guerry, M. A. (2016). Optimizing cost-effectiveness in a stochastic Markov manpower planning system under control by recruitment. *Annals of Operations Research*, 1-15.
- Dimitriou, V.A., Georgiou, A.C., & Tsantas, N. (2013). The multivariate non-homogeneous Markov manpower system in a departmental mobility framework. *European Journal of Operational Research*, 228(1), 112-121.
- Georgiou, A. C., & Tsantas, N. (2002). Modelling recruitment training in mathematical human resource planning. *Applied Stochastic Models in Business and Industry*, 18(1), 53-74.
- Guerry, M. A., & Peeters, P. (2005). *Manpower planning voor openbare besturen*. Academia Press.
- Nielsen, G. L., & Young, A. R. (1973). Manpower Planning: A Markov Chain Application. *Public Personnel Management*, 2(2), 133-144.

## 7. CONCLUSIE, BEPERKINGEN EN AANBEVELINGEN

In de huidige literatuur wordt het voeren van manpower planning beschreven door elk element ervan afzonderlijk te behandelen, waarbij bovendien steeds de nadruk ligt op de theoretische aspecten zonder de praktische toepassingen ervan na te gaan. Deze masterproef tracht aan beide tekorten tegemoet te komen door, op basis van de literatuur, een theoretisch PDCA-stappenplan op te stellen voor het HRM-management teneinde op een meer efficiënte manier om te gaan met personeelstransities. Om na te gaan of dit vooropgesteld stappenplan eenvoudig toepasbaar is in de praktijk, is dit PDCA-stappenplan getest aan de hand van een casestudie. Bovendien is een bijkomende output van deze masterproef een draaiboek, dewelke een tool vormt waarop een HRM-management beroep kan doen om een meer efficiënt manpower planning beleid te voeren.

Het PDCA-stappenplan dat is opgesteld omvat zeven stappen, dewelke terug te brengen zijn naar de vier Plan, Do, Control en Act-fasen.

De Plan-fase omvat de eerste stap. Hierbij wordt het huidig HRM-beleid, inclusief manpower planning, geanalyseerd. Voor deze stap worden in de literatuur verschillende modellen als mogelijke strategieën voor manpower planning aangehaald. Uit de casestudie blijkt echter dat Organisatie ABC niet bewust actief bezig is met het nagaan welke strategie zij zullen hanteren, wel weten ze welke ze toepassen wanneer de mogelijke strategieën worden uitgelegd.

De Do-fase bestaat uit de tweede, derde en vierde stap. De tweede stap omvat het selecteren van een geschikt Markovmodel. Door het schema, dewelke werd opgesteld op basis van de literatuur, te volgen blijkt dit geen moeilijke stap te zijn. De derde stap bestaat erin om de heterogene personeelsgroep op te splitsen in homogene subgroepen, een stap die erg veel tijd vergt en niet eenvoudig is. Omwille van deze reden wordt deze stap uitvoerig besproken. Er dienen verschillende keuzes gemaakt te worden, dewelke niet altijd eenduidig zijn. Een voorbeeld van zo'n keuze is de afweging tussen de homogeniteit van de subgroep en de grootte ervan. Wel blijkt op basis van de casestudie dat de mathematische resultaten, gebaseerd op historische data, die uit deze stap voortvloeien, vaak rationele verklaringen hebben. De vierde stap omvat het inschatten van transitiekansen. Aangezien dit kan gebeuren aan de hand van een formule, vormt deze stap geen probleem bij de praktische uitvoering.

De Check-fase omvat de vijfde stap. Hierin wordt het vooropgestelde model gevalideerd, zowel op basis van de correctheid van het gekozen Markovmodel uit stap 1 en 2, alsook op basis van de voorspellende kracht van het model, gebaseerd op stap 3 en 4. Aangezien deze stap gebruik maakt van statistische testen, is dit een stap waarvan de uitvoering niet evident is. Ook deze stap komt, omwille van de moeilijkheidsgraad, uitvoerig aan bod. Het is namelijk van belang dat de statistische testen correct worden uitgevoerd én geïnterpreteerd.

De Act-fase is de laatste fase en bestaat uit de zesde en zevende stap. In de zesde stap wordt de personeelsstructuur voor de komende jaren op basis van het vooropgestelde model voorspeld. Aangezien ook deze stap louter het toepassen van een formule omvat, stellen zich bij de uitvoering weinig problemen. Deze bevindingen worden in de zevende stap afgetoetst en vergeleken met de gewenste personeelsstructuur. Bovendien wordt hierbij nagegaan welke stappen het HRM-management dient te nemen om de voorspelde personeelsstructuur te laten congrueren met de gewenste personeelsstructuur. Deze stap is de moeilijkste stap aangezien er enorm veel kwalitatieve alsook kwantitatieve input vereist is. Het gaat hierbij om input over dewelke het HRM-management niet altijd beschikt, wat de uitvoering van deze stap belemmert.

Het is belangrijk om de resultaten van het onderzoek te kaderen binnen de beperkingen ervan. Zo is het PDCA-stappenplan slechts getest op één organisatie uit één bepaalde sector. Ook bij de resultaten van deze casestudie dienen enkele beperkingen in acht genomen te worden. Een eerste beperking is het feit dat er met Markovmodellen wordt gewerkt aangezien Markovmodellen het uitgangspunt van deze masterproef vormen. Echter gebeurt het merendeel van de transities bij Organisatie ABC op basis van pull-transities, waardoor een Renewal model eigenlijk een betere tool is om de personeelsstructuur op langere termijn te voorspellen. Een tweede beperking is de aanwezigheid van finale subgroepen met een te kleine groeps grootte wat de statistische betrouwbaarheid van de resultaten aantast. De reden waarom deze subgroepen toch werden behouden, is omdat de organisatie van de casestudie graag voor deze specifieke subgroepen voorspellingen wou bekomen. Toch dient opgemerkt te worden dat de validiteit van dergelijke voorspelling aldus nooit statistisch correct kan zijn. Een derde beperking is het feit dat uit stap vijf van de casestudie, zijnde het valideren van het vooropgesteld model, blijkt dat het vooropgestelde model niet helemaal predictief valide is. De voorspellingen van het model lijden hieronder waardoor ze niet helemaal betrouwbaar zijn. Een laatste beperking vindt zijn oorsprong in het feit dat Organisatie ABC niet over voldoende informatie beschikt om de eigenlijke ‘*what-if*’ analyses vanuit de laatste stap uit te voeren, waardoor deze stap niet volledig kon worden getest in de casestudie.

Het is aan te raden om het vooropgestelde PDCA-stappenplan nog verder te testen op meerdere organisaties uit verschillende sectoren. Het is tevens nodig om zowel stap vijf – het valideren van het Markovmodel - alsook stap zeven –het congrueren van de voorspelde met de gewenste personeelsstructuur - verder uit te werken. Wat betreft het valideren van het Markovmodel dient op zoek gegaan te worden naar meer en andere methoden om het vooropgesteld model te valideren. Wat betreft het congrueren van de voorspelde met de gewenste personeelsstructuur, dient deze stap nog concreter uitgediept te worden waarbij de eigenlijke ‘*what-if*’ analyses effectief worden getest op basis van een bestaande database. Hiervoor is een organisatie nodig dewelke over voldoende gedetailleerde informatie beschikt over hun verwachting naar de toekomst toe.



Samengevat kan worden gesteld dat er reeds tal van theoretische literatuur bestaat omtrent het voeren van een efficiënt manpower beleid. Echter ontbrak het nog steeds aan een overzichtelijk geheel evenals aan eenvoudige methoden om deze theorie toe te passen in de praktijk. Alhoewel het nog verder dient te worden uitgewerkt op verschillende vlakken, tracht deze masterproef daartoe een aanzet te geven. Deze aanzet is drieledig. Vooreerst is een theoretische PDCA-stappenplan opgesteld dewelke de verschillende stappen voor een meer efficiënt manpower beleid bundelt. Vervolgens is het PDCA-stappenplan getest met een concrete casestudie van een bestaande organisatie. Tenslotte is een praktisch draaiboek opgesteld dewelke door het HRM-management als handige tool kan worden aangewend om een meer efficiënt manpower beleid te voeren in de eigen organisatie.

## REFERENTIES

Abelson, M. A. (1987). Examination of avoidable and unavoidable turnover. *Journal of Applied Psychology*, 72(3), 382-386.

Algemene info HO. (z.d.). Geraadpleegd van [https://www.onderwijskiezer.be/v2/hoger/hoger\\_structuur.php](https://www.onderwijskiezer.be/v2/hoger/hoger_structuur.php) op 10 mei 2018

Anderson, T. W., & Goodman, L. A. (1957). Statistical Inference about Markov Chains. *The Annals of Mathematical Statistics*, 28(1), 89-110.

Arulampalam, W., Booth, A. L., & Bryan, M. L. (2007). Is There a Glass Ceiling over Europe? Exploring the Gender Pay Gap across the Wage Distribution. *ILR Review*, 60(2), 163-186.

Aziz, A., Sanwal, K., Singhal, V., & Brayton, R. (2000). Model-checking continuous-time Markov chains. *ACM Transactions on Computational Logic*, 1(1), 162-170.

Baier, C., Haverkort, B., Hermanns, H., & Katoen, J. (2003). Model-checking algorithms for continuous-time Markov chains. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 29(6), 524-541.

Barlett, J. E., Kotrlik, J. W., & Higgins, C. C. (2001). Organizational research: Determining appropriate sample size in survey research. *Information technology, learning, and performance journal*, 19(1): 43-50.

Bartholomew, D. J. (1971). The Statistical Approach to Manpower Planning. *The Statistician*, 20(1), 3-26.

Bartholomew, D. J., Forbes, A. F., & McClean, S. I. (1991). *Statistical techniques for manpower planning*. John Wiley & Sons.

Blau, G., & Boal, K. (1989). Using Job Involvement and Organizational Commitment Interactively to Predict Turnover. *Journal of Management*, 15(1), 115-127.

Blegen, M. A., Mueller, C. W., & Price, J. L. (1988). Measurement of kinship responsibility for organizational research. *Journal of Applied Psychology*, 73(3), 402-409.

Boxall, P., & Purcell, J. (2011). *Strategy and human resource management*. Palgrave Macmillan.

Carson, P. P., & Carson, K. D. (2007). Demystifying demotion: A look at the psychological and economic consequences on the demotee. *Business Horizons*, 50(6), 455-466.

Davies, G. S. (1973). Structural Control in a Graded Manpower System. *Management Science*, 20(1), 76-84.

De Feyter, T. (2006). Modelling heterogeneity in manpower planning: dividing the personnel system into more homogeneous subgroups. *Applied Stochastic Models in Business and Industry*, 22(4), 321-334.

De Feyter, T., & Guerry, M. A. (2016). Optimizing cost-effectiveness in a stochastic Markov manpower planning system under control by recruitment. *Annals of Operations Research*, 1-15.

De Pelsmacker, P., & Van Kenhove, P. (2015). *Marktonderzoek: Methoden en toepassingen*. Pearson Education.

Dimitriou, V. A., Georgiou, A. C., & Tsantas, N. (2014). On the equilibrium personnel structure in the presence of vertical and horizontal mobility via multivariate Markov chains. *Journal of the Operational Research Society*, 66(6), 993-1006.

Dimitriou, V.A., Georgiou, A.C., & Tsantas, N. (2013). The multivariate non-homogeneous Markov manpower system in a departmental mobility framework. *European Journal of Operational Research*, 228(1), 112-121.

Edgar, F., & Geare, A. (2005). HRM practice and employee attitudes: different measures – different results. *Personnel Review*, 34(5), 534-549.

Feldman, D. C. (1990). Reconceptualizing the Nature and Consequences of Part-Time Work. *The Academy of Management Review*, 15(1), 103-112.

Georgiou, A. C., & Tsantas, N. (2002). Modelling recruitment training in mathematical human resource planning. *Applied Stochastic Models in Business and Industry*, 18(1), 53-74.

Gibbons, R., & Waldman, M. (1999). A Theory of Wage and Promotion Dynamics Inside Firms. *The Quarterly Journal of Economics*, 114(4), 1321-1358.

Goodman, L. A. (1961). Statistical Methods for the Mover-Stayer Model. *Journal of the American Statistical Association*, 56(296), 841-868.

Guerry, M. (2008). Profile-based push models in manpower planning. *Applied Stochastic Models in Business and Industry*, 24(1), 13-20.

Guerry, M. (2011). Hidden heterogeneity in manpower systems: A Markov-switching model approach. *European Journal of Operational Research*, 210(1), 106-113.

Guerry, M.-A., & Carette, P. (2017). Model Selection Within the Class of Discrete-Time Markovian Models [Abstract]. *Program Book of The 15th International conference on QiR (Quality in Research)*. Presented at the The 15th International conference on QiR (Quality in Research).

Guerry, M. A., & De Feyter, T. (2009). Markovian approaches in modeling workforce systems. *Journal of Current Issues in Finance, Business and Economics*, 2(4), 351-370.

Guerry, M. A., & Peeters, P. (2005). *Manpower planning voor openbare besturen*. Academia Press.

Guerry, M.A., & Rombaut, E. (2017). *Manpower Planning: kwantitatieve methoden voor personeelsbeleid*. Vrije Universiteit Brussel

Guest, D. E., & Conway, N. (2002). Communicating the psychological contract: an employer perspective. *Human Resource Management Journal*, 12(2), 22-38.

Hendry, C. (2012). *Human resource management*. Routledge.

Hiscott, R. N. (1981). Chi-square tests for Markov chain analysis. *Journal of the International Association for Mathematical Geology*, 13(1), 69-80.

Hothorn, T., Hornik, K., & Zeileis, A. (2015). ctree: Conditional Inference Trees. *The Comprehensive R Archive Network*.

Huang, I. C., Lin, H. C., & Chuang, C. H. (2006). Constructing factors related to worker retention. *International Journal of Manpower*, 27(5), 491-508.

Jackson, S. E., Brett, J. F., Sessa, V. I., Cooper, D. M., & Et al. (1991). Some differences make a difference: Individual dissimilarity and group heterogeneity as correlates of recruitment, promotions, and turnover. *Journal of Applied Psychology*, 76(5), 675-689.

Janssen, J., & Manca, R. (2002). Salary cost evaluation by means of non-homogeneous semi-Markov processes. *Stochastic Models*, 18(1), 7-23.

Josten, E., & Schalk, R. (2010). The effects of demotion on older and younger employees. *Personnel Review*, 39(2), 195-209.

Lyness, K. S., & Judiesch, M. K. (1999). Are Women More Likely to Be Hired or Promoted into Management Positions? *Journal of Vocational Behavior*, 54(1), 158-173.

McClellan, S. (1991). Manpower planning models and their estimation. *European Journal of Operational Research*, 51(2), 179-187.

McClellan, S., Montgomery, E., & Ugwuowo, F. (1997). Non-homogeneous continuous-time Markov and semi-Markov manpower models. *Applied Stochastic Models and Data Analysis*, 13(34), 191-198.

Meitzen, M. E. (1986). Differences in male and female job-quitting behavior. *Journal of Labor Economics*, 4(2), 151-167.

Moore, D. S., & McCabe, G. P. (2014). *Statistiek in de praktijk*. Academic service.

- Ng, T. W., & Feldman, D. C. (2009). Re-examining the relationship between age and voluntary turnover. *Journal of Vocational Behavior*, 74(3), 283-294.
- Nielsen, G. L., & Young, A. R. (1973). Manpower Planning: A Markov Chain Application. *Public Personnel Management*, 2(2), 133-144.
- Papadopoulou, A., & Vassiliou, P. (1994). Asymptotic behavior of nonhomogeneous semi-Markov systems. *Linear Algebra and its Applications*, 210, 153-198.
- Rombaut, E., & Guerry, M. A. (2015). Decision trees as a Classification Technique in Manpower Planning. *Statistical, Stochastic and Data Analysis Methods & Applications*, 277-293.
- Rondenbosch, E. (2017). Manpower planning met behulp van Markovmodellen: een PDCA-stappenplan met casestudie. [Voorbereidende paper]. Vrije Universiteit Brussel, faculteit Economische & sociale wetenschappen & Solvay Business School.
- Sales, P. (1971). The Validity of the Markov Chain Model for a Class of the Civil Service. *The Statistician*, 20(1), 85-110.
- Shaw, J. D., Delery, J. E., Jenkins, G. D., & Gupta, N. (1998). An organization level analysis of voluntary and involuntary turnover. *Academy of Management Journal*, 41(5), 511-525.
- Sokovic, M., Pavletic, D., & Pipan, K. K. (2010). Quality improvement methodologies—PDCA cycle, RADAR matrix, DMAIC and DFSS. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 43(1), 476-483.
- Storey, J. (2007). *Human resource management: A critical text*. Cengage Learning EMEA.
- Thorsteinson, T. J. (2003). Job attitudes of part-time vs. full-time workers: a meta-analytic review. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, 76(2), 151-177.
- Ugwuowo, F., & McClean, S. (2000). Modelling heterogeneity in a manpower system: a review. *Applied Stochastic Models in Business and Industry*, 16(2), 99-110.
- Vassiliou, P. C. (1997). The evolution of the theory of non-homogeneous Markov systems. *Applied Stochastic Models in Business and Industry*, 13(3-4), 159-176.
- Vroom, V. H., & Pahl, B. (1971). Relationship between age and risk taking among managers. *Journal of Applied Psychology*, 55(5), 399-405.
- Yadavalli, V. S., Natarajan, R., & Udayabhaskaran, S. (2002). Time dependent behavior of stochastic models of manpower system—impact of pressure on promotion. *Stochastic Analysis and Applications*, 20(4), 863-882.

## BIJLAGEN

### BIJLAGE 1: MAIL, OPGESTELD VOOR HET VERKRIJGEN VAN EEN DATABASE

Beste mevrouw/meneer,

Tijdens het academiejaar 2017-2018 zal ik mijn masterproef uitvoeren in het kader van mijn master Handelsingenieur aan de Vrije Universiteit van Brussel. De centrale onderzoeksvraag van mijn masterproef is de volgende: *“Het realiseren van een gewenste personeelsstructuur door het efficiënt omgaan met personeelstransities aan de hand van Markovmodellen: een PCDA-stappenplan met.”* In de masterproef zal getracht worden een gestandaardiseerde methode te ontwikkelen, dewelke de verschillende stappen van manpower planning weergeeft opdat de gewenste personeelsstructuur kan worden bereikt. Deze methode zal worden gedemonstreerd aan de hand van een casestudie.

Voor dergelijke casestudie is een organisatie nodig met verschillende functies en dus mogelijkheden om te evolueren; hetzij horizontaal, hetzij verticaal. Het voorspellen van personeelstransities gebeurt aan de hand van statistiek waarbij personeel wordt ingedeeld in verschillende subgroepen, op basis van bepaalde variabelen zoals onder meer leeftijd en geslacht. Jullie bedrijf lijkt mij voor zo'n casestudie een perfect geschikte organisatie.

Voor het concreet uitvoeren van deze casestudie heb ik een database nodig met indien mogelijk het merendeel van de volgende aspecten:

- Het aantal jaren dat het personeelslid reeds in dienst is,
- De burgerlijke stand van het personeelslid,
- Het aantal kinderen van het personeelslid
- Het geslacht van het personeelslid,
- De huidige functie/status/graad van het personeelslid,
- De evoluties van het personeelslid, zijnde bijvoorbeeld de laatste transitie van het personeelslid naar een andere functie/graad.

Ook andere kenmerken lijken mij eventueel zinvol om mee op te nemen (ik denk hierbij bijvoorbeeld aan diploma, nationaliteit, godsdienst, ...).

Ik ben er mij zeker en vast van bewust dat dergelijke database betrouwbare informatie bevat, maar kan hierin volledige anonimiteit garanderen. Ook heb ik geen nood aan namen van de personeelsleden: ik neem deze zeker niet mee op in het verwerkingsproces en deze mogen dus ook weggelaten worden.

Met vriendelijke groeten,

Evelien Rondenbosch

1<sup>e</sup> master handelsingenieur – Accounting en Auditing

Vrije Universiteit Brussel

## BIJLAGE 2: BESLISSINGSBOMEN OP BASIS VAN VERKLARENDE VARIABELEN

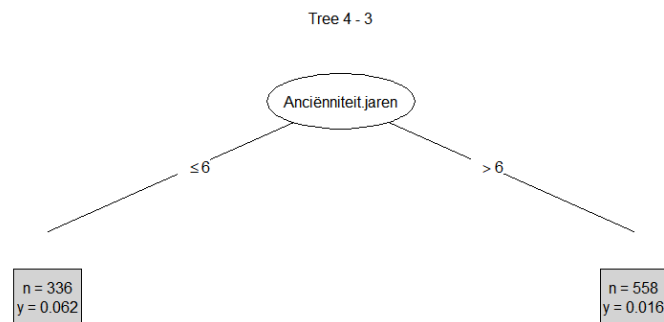
In wat volgt worden zowel voor de promotie alsook voor de uitstroom, de beslissingsbomen weergegeven, zowel een visuele als een tekstuele voorstelling ervan.

In de visuele voorstelling worden de splitsingsvariabelen weergegeven in de ellipsen. Op de takken staan de specifieke splitsingscriteria. De eindgroepen worden weergegeven in de vierkanten. Hierbij geeft de n weer hoeveel personeelsleden deze groep omvat en de y geeft de kans weer dat een personeelslid uit deze groep de vooropgestelde transitie ondergaat.

In de tekstuele voorstelling wordt met behulp van respons weergegeven op basis waarvan de beslissingsboom werd opgesteld en de inputs stellen in dit geval de gekozen verklarende variabelen voor. Ook het totaal aantal personeelsleden in deze groep wordt gegeven. Vervolgens worden de opsplitsing tekstueel uitgelegd. Belangrijk om hierbij te weten is dat een asterix een eindgroep omvat.

### FUNCTIEGROEP 4 NAAR FUNCTIEGROEP 3

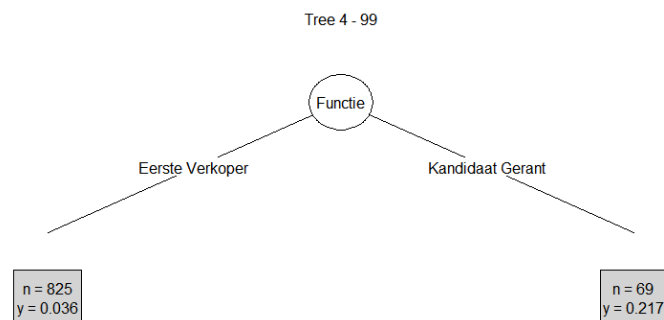
---



```
Response: subset4$functiegroepvolgendjaar == "3"  
Inputs: winkelregio, Functie, Aanciënniteit.jaren, Diplomasoort, FTEE, Taa1  
, Geslacht, Leeftijd, Burgerlijke.staat, Aantal..kinderen  
Number of observations: 894
```

- 1) Aanciënniteit.jaren <= 6; criterion = 0.993, statistic = 11.542
- 2)\* weights = 336
- 1) Aanciënniteit.jaren > 6
- 3)\* weights = 558

## FUNCTIEGROEP 4 NAAR FUNCTIEGROEP 99

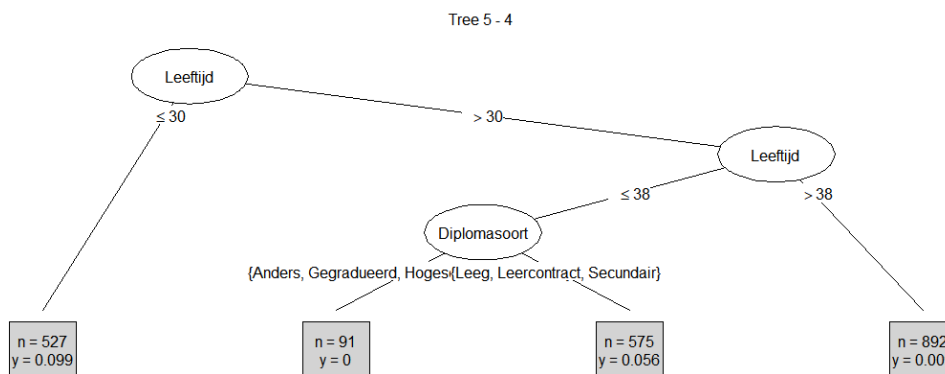


Response: subset4\$functiegroepvolgendjaar == "99"

Inputs: winkelregio, Functie, Anciënniteit.jaren, Diplomasoort, Nation..code, FTEE, Taal, Geslacht, Leeftijd, Burgerlijke.staat, Aantal..kinderen  
Number of observations: 894

- 1) Functie == {Eerste Verkoper}; criterion = 1, statistic = 43.604
- 2)\* weights = 825
- 1) Functie == {Kandidaat Gerant}
- 3)\* weights = 69

## FUNCTIEGROEP 5 NAAR FUNCTIEGROEP 4



Response: subset5\$functiegroepvolgendjaar == "4"

Inputs: winkelregio, Functie, Anciënniteit.jaren, Diplomasoort, Nation..code, FTEE, Taal, Geslacht, Leeftijd, Burgerlijke.staat, Aantal..kinderen  
Number of observations: 2085

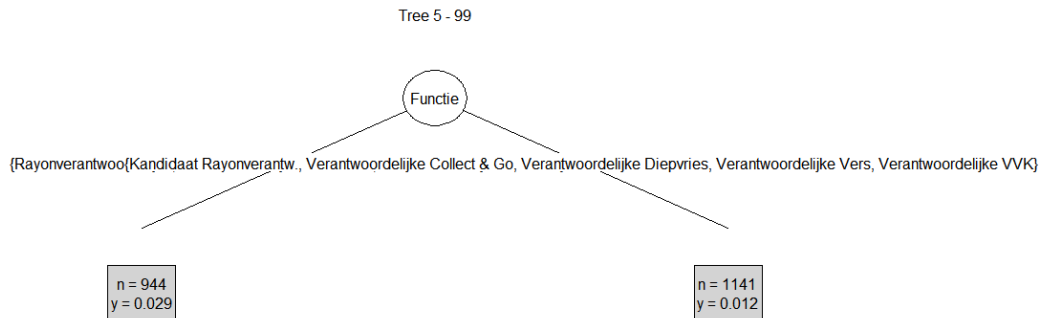
- 1) Leeftijd <= 30; criterion = 1, statistic = 54.737
- 2)\* weights = 527
- 1) Leeftijd > 30
- 3) Leeftijd <= 38; criterion = 1, statistic = 19.928
- 4) Diplomasoort == {Anders, Gegradueerd, Hogeschool, Universitair}; criterion = 0.95, statistic = 18.733



- 5)\* weights = 91
- 4) Diplomasoort == {Leeg, Leercontract, Secundair}
- 6)\* weights = 575
- 3) Leeftijd > 38
- 7)\* weights = 892

FUNCTIEGROEP 5 NAAR FUNCTIEGROEP 99

---

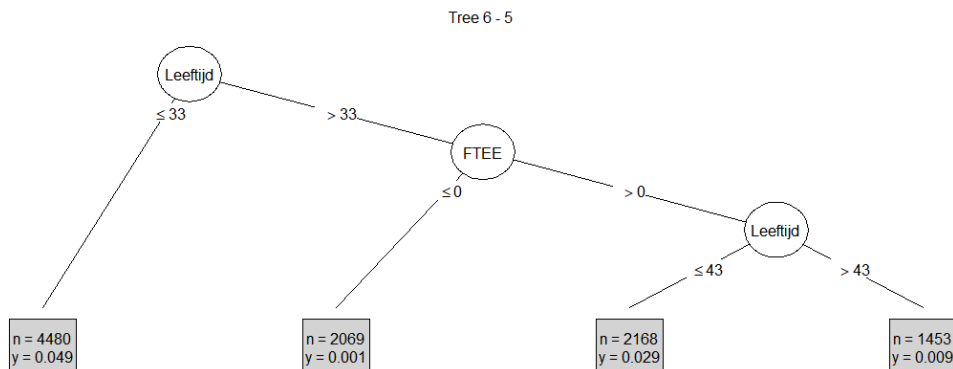


Response: subset5\$functiegroepvolgendjaar == "99"  
 Inputs: winkelregio, Functie, Anciënniteit.jaren, Diplomasoort, Nation..code, FTEE, Taal, Geslacht, Leeftijd, Burgerlijke.staat, Aantal..kinderen  
 Number of observations: 2085

- 1) Functie == {Rayonverantwoordelijke, Verantwoordelijke Check Out, Verantwoordelijke Nonfood}; criterion = 0.981, statistic = 22.938
- 2)\* weights = 944
- 1) Functie == {Kandidaat Rayonverantw., Verantwoordelijke Collect & Go, Verantwoordelijke Diepvries, Verantwoordelijke Vers, Verantwoordelijke VVK}
- 3)\* weights = 1141

FUNCTIEGROEP 6 NAAR FUNCTIEGROEP 5

---

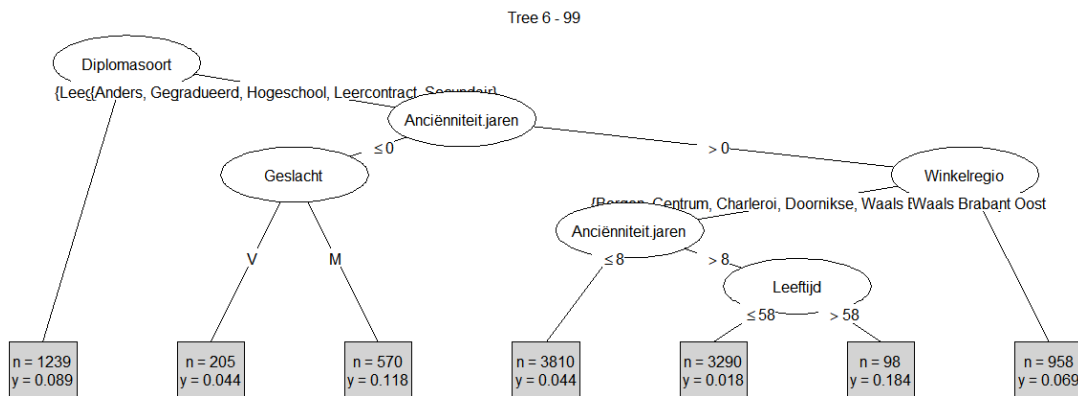


Response: subset6\$functiegroepvolgendjaar == "5"  
 Inputs: winkelregio, Functie, Anciënniteit.jaren, Diplomasoort, Nation..code, FTEE, Taal, Geslacht, Leeftijd, Burgerlijke.staat, Aantal..kinderen

Number of observations: 10170

- 1) Leeftijd  $\leq$  33; criterion = 1, statistic = 102.092
- 2)\* weights = 4480
- 1) Leeftijd  $>$  33
- 3) FTEE  $\leq$  0; criterion = 1, statistic = 36.128
- 4)\* weights = 2069
- 3) FTEE  $>$  0
- 5) Leeftijd  $\leq$  43; criterion = 0.998, statistic = 14.245
- 6)\* weights = 2168
- 5) Leeftijd  $>$  43
- 7)\* weights = 1453

## FUNCTIEGROEP 6 NAAR FUNCTIEGROEP 99

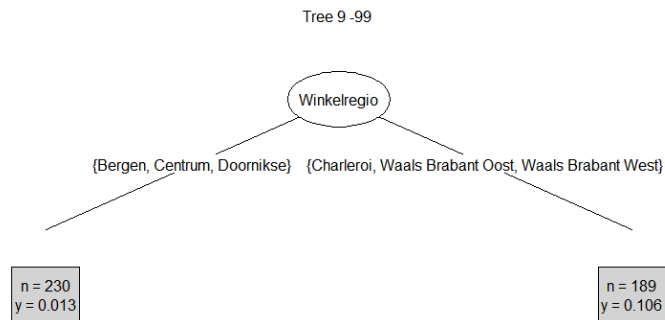


Response: subset6\$functiegroepvolgendjaar == "99"

Inputs: winkelregio, Functie, Anciënniteit.jaren, Diplomasoort, FTEE, Taal, Geslacht, Leeftijd, Burgerlijke.staat, Aantal..kinderen

Number of observations: 10170

- 1) Diplomasoort == {Leeg, Universitair}; criterion = 1, statistic = 62.608
- 2)\* weights = 1239
- 1) Diplomasoort == {Anders, Gegradueerd, Hogeschool, Leercontract, Secundair}
- 3) Anciënniteit.jaren  $\leq$  0; criterion = 1, statistic = 48.64
- 4) Geslacht == {V}; criterion = 0.976, statistic = 9.575
- 5)\* weights = 205
- 4) Geslacht == {M}
- 6)\* weights = 570
- 3) Anciënniteit.jaren  $>$  0
- 7) winkelregio == {Bergen, Centrum, Charleroi, Doornikse, Waals Brabant West}; criterion = 1, statistic = 40.999
- 8) Anciënniteit.jaren  $\leq$  8; criterion = 0.995, statistic = 14.497
- 9)\* weights = 3810
- 8) Anciënniteit.jaren  $>$  8
- 10) Leeftijd  $\leq$  58; criterion = 0.997, statistic = 13.094
- 11)\* weights = 3290
- 10) Leeftijd  $>$  58
- 12)\* weights = 98
- 7) winkelregio == {Waals Brabant Oost}
- 13)\* weights = 958



Response: subset9\$functiegroepvolgendjaar == "99"

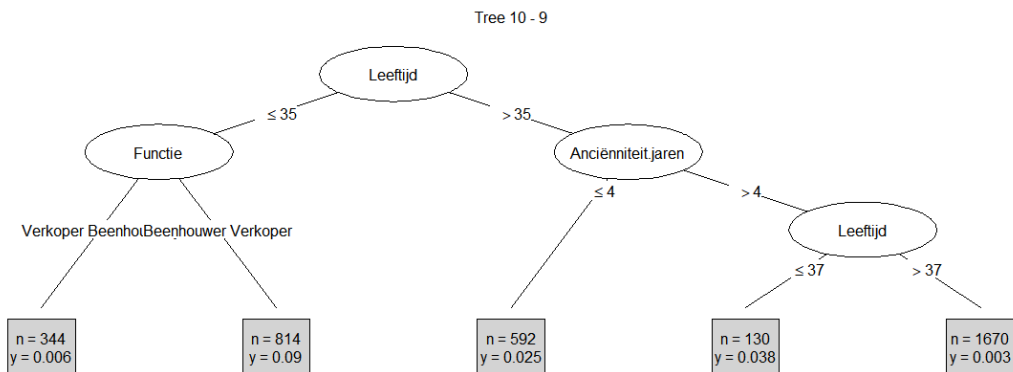
Inputs: winkelregio, Functie, Anciënniteit.jaren, Diploma, Nation..code, FTE, Taal, Geslacht, Leeftijd, Burgerlijke.staat, Aantal..kinderen  
Number of observations: 419

1) winkelregio == {Bergen, Centrum, Doornikse}; criterion = 0.988, statistic = 20.242

2)\* weights = 230

1) winkelregio == {Charleroi, waals Brabant Oost, Waals Brabant West}

3)\* weights = 189



Response: subset10\$functiegroepvolgendjaar == "9"

Inputs: winkelregio, Functie, Anciënniteit.jaren, Diplomasoort, Nation..code, FTEE, Taal, Geslacht, Leeftijd, Burgerlijke.staat, Aantal..kinderen  
Number of observations: 3550

1) Leeftijd ≤ 35; criterion = 1, statistic = 79.126

2) Functie == {Verkoper Beenhouwerij}; criterion = 1, statistic = 28.055

3)\* weights = 344

2) Functie == {Beenhouwer Verkoper}

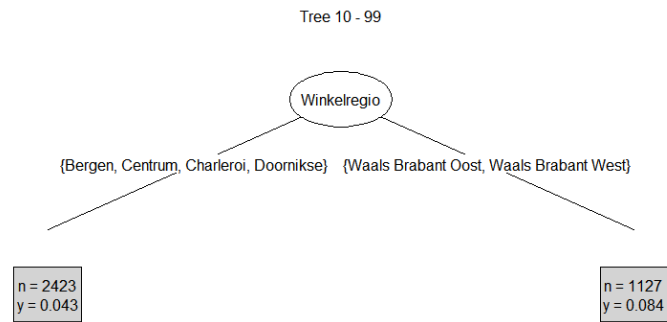
4)\* weights = 814

1) Leeftijd > 35

- 5) Anciënniteit.jaren  $\leq$  4; criterion = 0.999, statistic = 23.073
  - 6)\* weights = 592
- 5) Anciënniteit.jaren  $>$  4
  - 7) Leeftijd  $\leq$  37; criterion = 0.999, statistic = 14.588
    - 8)\* weights = 130
  - 7) Leeftijd  $>$  37
    - 9)\* weights = 1670

## FUNCTIEGROEP 10 NAAR FUNCTIEGROEP 99

---



Response: subset10\$functiegroepvolgendjaar == "99"  
 Inputs: winkelregio, Functie, Anciënniteit.jaren, Diplomasoort, Nation..code, FTEE, Taal, Geslacht, Leeftijd, Burgerlijke.staat, Aantal..kinderen  
 Number of observations: 3550

- 1) winkelregio == {Bergen, Centrum, Charleroi, Doornikse}; criterion = 1, statistic = 33.459
  - 2)\* weights = 2423
- 1) winkelregio == {Waals Brabant Oost, Waals Brabant West}
  - 3)\* weights = 1127

### BIJLAGE 3: OPSPLITSING NAAR HOMOGENE SUBGROEPEN

Subgroep	Functiegroep	Leeftijd	Geslacht	Diplomasoort	Anciënniteit	Functie	Regio	2016	Totaal
1	1							1	10
2	2							6	51
3	3							50	472
4	4				>6	Kandidaat Gerant, Eerste Verkoper		88	558
5	4				<= 6	Kandidaat Gerant		7	67
6	4				<= 6	Eerste Verkoper		23	269
7	5	>38 OF 30 < x <= 38		/ OF Universitair, Hogeschool, Gegradueerd, Anders		Kandidaat Rayonverantw., Verantwoordelijke Collect&Go, Diepvries, Vers, VVK		63	533
8	5	>38 OF 30 < x <= 38		/ OF Universitair, Hogeschool, Gegradueerd, Anders		Rayonverantw., Verantwoordelijke Check Out, Nonfood		55	478
9	5	30 < x <= 38		Leercontract, Secundair, Leeg		Rayonverantw., Verantwoordelijke Check Out, Nonfood		18	246

10	5	$30 < x \leq 38$		Leercontract, Secundair, Leeg		Kandidaat Rayonverantw., Verantwoordelijke Collect&Go, Diepvries, Vers, VVK		28	301
11	5	$\leq 30$				Kandidaat Rayonverantw., Verantwoordelijke Collect&Go, Diepvries, Vers, VVK		41	307
12	5	$\leq 30$				Rayonverantw., Verantwoordelijke Check Out, Nonfood		25	220
13	6	$> 58$		Gegradueerd, Hogeschool, Leercontract, Secundair, Anders	$> 8$		Waals Brabant West, Bergen, Centrum, Charleroi, Doornikse	11	98
14	6	$\leq 58$		Gegradueerd, Hogeschool, Leercontract, Secundair, Anders	$> 8$		Waals Brabant West, Bergen, Centrum, Charleroi, Doornikse	468	3290

15	6			Gegradueerd, Hogeschool, Leercontract, Secundair, Anders	$0 < x \leq 8$		Waals Brabant West, Bergen, Centrum, Charleroi, Doornikse	341	3810
16	6			Leeg, Universitair  OF  Gegradueerd, Hogeschool, Leercontract, Secundair, Anders	/  OF  > 0		/  OF  Waals Brabant Oost	333	2197
17	6		V	Gegradueerd, Hogeschool, Leercontract, Secundair, Anders	$\leq 0$			6	205
18	6		M	Gegradueerd, Hogeschool, Leercontract, Secundair, Anders	$\leq 0$			8	570
19	7							0	21
20	8							46	434
21	9					Charleroi, Waals Brabant Oost,		21	189

						Waals Brabant West			
22	9					Bergen, Centrum, Doornikse		22	230
23	10	$\leq 35$ OF $> 37$			$/$ OF $> 4$	Verkoper Beenhouwerij OF $/$	Waals Brabant Oost, Waals Brabant West	86	600
24	10	$\leq 35$ OF $> 37$			$/$ OF $> 4$	Verkoper Beenhouwerij OF $/$	Bergen, Centrum, Charleroi, Doornikse	196	1414
25	10	$35 < x \leq 37$			$> 4$			11	130
26	10	$> 35$			$\leq 4$		Waals Brabant Oost, Waals Brabant West	15	212



27	10	> 35			<= 4		Bergen, Centrum, Charleroi, Doornikse	17	380
28	10	<= 35				Beenhouwer Verkoper	Waals Brabant Oost, Waals Brabant West	29	289
29	10	<= 35				Beenhouwer Verkoper	Bergen, Centrum, Charleroi, Doornikse	49	525
30	11							14	74

## BIJLAGE 4: TRANSITIEMATRICES

### TRANSITIEMATRIX VOOR KADERFUNCTIES EN WINKELPERSONEEL

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0.70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.02	0.882	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.00	0.006	0.926	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.00	0.000	0.016	0.880	0.000	0.000	0.002	0.005	0.009
5	0.00	0.000	0.104	0.000	0.522	0.030	0.000	0.000	0.000
6	0.00	0.000	0.052	0.175	0.004	0.617	0.007	0.007	0.004
7	0.00	0.000	0.000	0.004	0.000	0.002	0.888	0.008	0.000
8	0.00	0.000	0.000	0.013	0.000	0.000	0.000	0.889	0.000
9	0.00	0.000	0.000	0.031	0.000	0.019	0.000	0.105	0.747
10	0.00	0.000	0.000	0.038	0.000	0.022	0.101	0.003	0.000
11	0.00	0.000	0.007	0.026	0.000	0.062	0.007	0.000	0.000
12	0.00	0.000	0.005	0.045	0.000	0.068	0.000	0.014	0.064
13	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14	0.00	0.000	0.001	0.003	0.000	0.000	0.004	0.003	0.003
15	0.00	0.000	0.000	0.003	0.000	0.012	0.004	0.001	0.004
16	0.00	0.000	0.000	0.001	0.000	0.006	0.004	0.004	0.002
17	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.005	0.000
18	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.002	0.002	0.004

	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.000	0.002	0.000	0.000
4	0.005	0.004	0.000	0.000	0.039	0.005	0.004	0.000	0.000
5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.075	0.045	0.000	0.000
6	0.004	0.004	0.000	0.000	0.000	0.063	0.015	0.000	0.000
7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.070	0.010	0.014	0.000	0.000
8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.051	0.004	0.013	0.000	0.000
9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.051	0.016	0.008	0.000	0.000
10	0.742	0.000	0.000	0.000	0.066	0.006	0.009	0.000	0.000
11	0.081	0.723	0.010	0.000	0.000	0.049	0.013	0.000	0.003
12	0.000	0.009	0.709	0.000	0.023	0.027	0.005	0.000	0.000
13	0.000	0.000	0.000	0.816	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14	0.003	0.000	0.000	0.006	0.956	0.000	0.002	0.000	0.000
15	0.006	0.019	0.012	0.000	0.060	0.825	0.008	0.000	0.001
16	0.005	0.008	0.006	0.000	0.002	0.013	0.869	0.000	0.000
17	0.000	0.005	0.024	0.000	0.000	0.771	0.102	0.044	0.000
18	0.004	0.011	0.005	0.000	0.000	0.672	0.163	0.000	0.016

TRANSITIEMATRIX VOOR PERSONEEL UIT DE BEENHOUWERIJ

	19	20	21	22	23	24
19	0.714	0.048	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.005	0.908	0.009	0.014	0.005	0.009
21	0.000	0.085	0.640	0.042	0.016	0.021
22	0.000	0.078	0.022	0.709	0.004	0.057
23	0.000	0.000	0.003	0.000	0.905	0.013
24	0.000	0.000	0.000	0.004	0.006	0.942
25	0.000	0.000	0.015	0.023	0.115	0.315
26	0.000	0.000	0.024	0.000	0.142	0.005
27	0.000	0.000	0.005	0.021	0.000	0.171
28	0.000	0.003	0.097	0.003	0.003	0.000
29	0.000	0.004	0.023	0.061	0.000	0.000
30	0.000	0.000	0.000	0.000	0.054	0.027

	25	26	27	28	29	30
19	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.002	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000
21	0.005	0.005	0.005	0.032	0.042	0.000
22	0.022	0.000	0.004	0.000	0.091	0.000
23	0.002	0.007	0.000	0.003	0.000	0.000
24	0.005	0.000	0.001	0.000	0.005	0.000
25	0.454	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
26	0.014	0.679	0.033	0.000	0.000	0.000
27	0.016	0.008	0.724	0.000	0.000	0.000
28	0.024	0.031	0.000	0.702	0.024	0.000
29	0.070	0.002	0.013	0.011	0.758	0.000
30	0.000	0.000	0.000	0.027	0.041	0.514

MATRIX VAN UITSTROOM VOOR ALLE HOMOGENE GROEPEN

---

	<b>99</b>
<b>1</b>	0.300
<b>2</b>	0.098
<b>3</b>	0.055
<b>4</b>	0.030
<b>5</b>	0.224
<b>6</b>	0.048
<b>7</b>	0.008
<b>8</b>	0.030
<b>9</b>	0.023
<b>10</b>	0.013
<b>11</b>	0.020
<b>12</b>	0.032
<b>13</b>	0.184
<b>14</b>	0.018
<b>15</b>	0.044
<b>16</b>	0.080
<b>17</b>	0.044
<b>18</b>	0.118
<b>19</b>	0.190
<b>20</b>	0.044
<b>21</b>	0.106
<b>22</b>	0.013
<b>23</b>	0.065
<b>24</b>	0.035
<b>25</b>	0.062
<b>26</b>	0.104
<b>27</b>	0.047
<b>28</b>	0.111
<b>29</b>	0.057
<b>30</b>	0.338

## BIJLAGE 5: EEN VOORBEELD OVER HOE DE $\chi^2$ MANUEEL WERD BEREKEND

In wat volgt wordt de Chi-kwadraat waarde voor de tijd-homogeniteit manueel berekend. Hiervoor zijn in eerste instantie de waargenomen alsook de werkelijke transitiekansen vereist. Als voorbeeld is subgroep 15 gekozen, aangezien deze in de hoogst berekende Chi-kwadraat resulteert.

Waargenomen transitiekansen subgroep 15	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
2008	0	0	0,003	0,003	0	0,015	0,006	0	0,006	0,012	0,009	0,015	0	0,065	0,793	0,006	0	0,003
2009	0	0	0	0,008	0	0,016	0,003	0,005	0,011	0,008	0,013	0,008	0	0,045	0,834	0,011	0	0
2010	0	0	0	0,005	0	0,032	0,002	0,002	0,005	0,017	0,041	0,017	0	0,08	0,732	0,012	0	0
2011	0	0	0	0	0	0,019	0,005	0	0,005	0,01	0,021	0,01	0	0,053	0,8	0,014	0	0
2012	0	0	0	0,007	0	0,009	0,005	0	0	0,005	0,016	0,009	0,002	0,053	0,84	0,005	0	0,005
2013	0	0	0	0	0	0,007	0,002	0	0,005	0,007	0,031	0,017	0	0,043	0,843	0,007	0	0,002
2014	0	0	0	0,002	0	0,005	0,002	0	0,005	0	0,017	0,007	0	0,06	0,829	0,012	0	0
2015	0	0	0	0,003	0	0,003	0,005	0,003	0	0	0,008	0,008	0	0,138	0,796	0,003	0	0

Werkelijke transitiekansen subgroep 15	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
2008	0	0	0	0,003	0	0,012	0,003	0,001	0,004	0,006	0,018	0,012	0	0,06	0,825	0,008	0	0,001
2009	0	0	0	0,003	0	0,012	0,003	0,001	0,004	0,006	0,018	0,012	0	0,06	0,825	0,008	0	0,001
2010	0	0	0	0,003	0	0,012	0,003	0,001	0,004	0,006	0,018	0,012	0	0,06	0,825	0,008	0	0,001
2011	0	0	0	0,003	0	0,012	0,003	0,001	0,004	0,006	0,018	0,012	0	0,06	0,825	0,008	0	0,001
2012	0	0	0	0,003	0	0,012	0,003	0,001	0,004	0,006	0,018	0,012	0	0,06	0,825	0,008	0	0,001
2013	0	0	0	0,003	0	0,012	0,003	0,001	0,004	0,006	0,018	0,012	0	0,06	0,825	0,008	0	0,001
2014	0	0	0	0,003	0	0,012	0,003	0,001	0,004	0,006	0,018	0,012	0	0,06	0,825	0,008	0	0,001
2015	0	0	0	0,003	0	0,012	0,003	0,001	0,004	0,006	0,018	0,012	0	0,06	0,825	0,008	0	0,001

Na toepassing van  $\frac{(\hat{p}_{ij}(t) - \hat{p}_{ij})^2}{\hat{p}_{ij}}$  voor elke cel werd volgende matrix bekomen:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
2008				0		0,00075	0,003	0,001	0,001	0,006	0,0045	0,00075		0,00	0,001241	0,0005		0,001
2009				0,008333		0,001333	0	0,016	0,01225	0,000667	0,001389	0,001333		0,00	9,82E-05	0,001125		
2010				0,001333		0,033333	0,000333	0,001	0,00025	0,020167	0,029389	0,002083		0,01	0,010484	0,002		0,001
2011				0,003		0,004083	0,001333	0,001	0,00025	0,002667	0,0005	0,000333		0,00	0,000758	0,0045		0,001
2012				0,005333		0,00075	0,001333	0,001	0,004	0,000167	0,000222	0,00075		0,00	0,000273	0,001125		0,016
2013				0,003		0,002083	0,000333	0,001	0,00025	0,000167	0,009389	0,002083		0,00	0,000393	0,000125		
2014				0,000333		0,004083	0,000333	0,001	0,00025	0,006	5,56E-05	0,002083		0,00	1,94E-05	0,002		0,001
2015				0		0,00675	0,001333	0,004	0,004	0,006	0,005556	0,001333		0,10	0,001019	0,003125		0,001

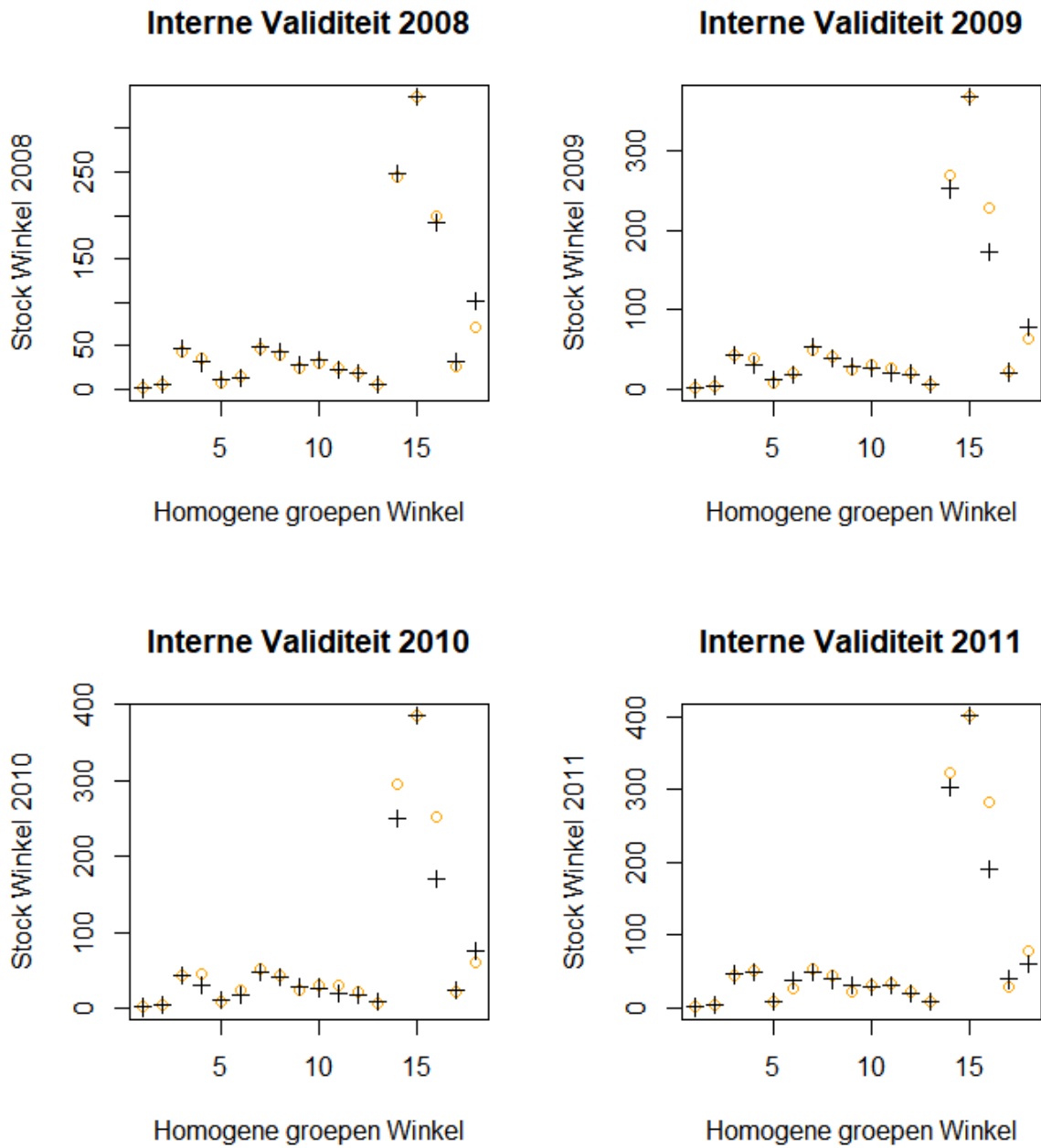
Vervolgens werd voor elke rij de cel vermenigvuldigd met de stock van die homogene groep voor het jaar  $t-1$ , zijnde  $n(t-1)$ . Dit resulteerde in volgende tabel:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		Chi-kwadraat			
2008				0		0,204	0,816	0,272	0,272	1,632	1,224	0,204		0,113333	0,33761	0,136		0,272		5,48			
2009				2,675		0,428	0	5,136	3,93225	0,214	0,445833	0,428		1,20375	0,031516	0,361125		0		14,86			
2010				0,496		12,4	0,124	0,372	0,093	7,502	10,93267	0,775		2,48	3,899913	0,744		0,372		40,19			
2011				1,233		1,67825	0,548	0,411	0,10275	1,096	0,2055	0,137		0,33565	0,311364	1,8495		0,411		8,32			
2012				2,192		0,30825	0,548	0,411	1,644	0,0685	0,091333	0,30825		0,33565	0,112091	0,462375		6,576		13,06			
2013				1,272		0,883333	0,141333	0,424	0,106	0,070667	3,980889	0,883333		2,042267	0,166516	0,053		0		10,02			
2014				0,136		1,666	0,136	0,408	0,102	2,448	0,022667	0,85		0	0,007913	0,816		0,408		7,00			
2015				0		2,7405	0,541333	1,624	1,624	2,436	2,255556	0,541333		41,1684	0,413874	1,26875		0,406		55,02			
																					Berekend	153,95	
																						Werkelijke	157,80

Vervolgens werden al deze getallen opgeteld, wat resulteerde in de berekende  $\chi^2$  voor subgroep 15, zijnde 153,95. De werkelijke  $\chi^2$  bedraagt 157,80. De Chi-kwadraat voor een significantieniveau van 1% met 119 vrijheidsgraden, komende van  $(8-1)(18-1)$ , bedraagt 157,80. Aangezien de berekende Chi-kwadraat lager ligt dan de werkelijke Chi-kwadraat, kan de nulhypothese worden aanvaard. Dit impliceert dat de geschatte en de werkelijke transitiekansen niet significant van elkaar verschillen.

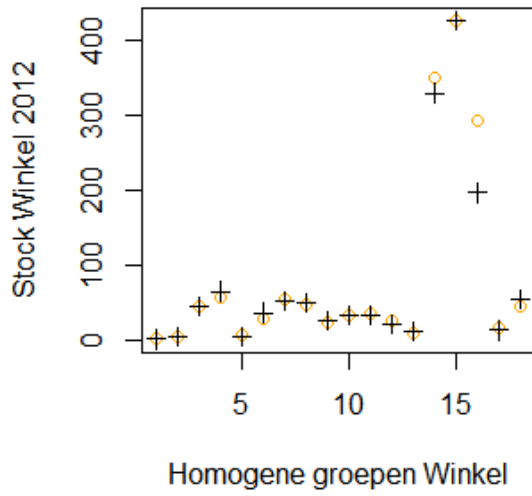
BIJLAGE 6: PLOTS EN TABELLEN VOOR DE AFWIJINGEN TUSSEN DE VOORSPELDE EN WERKELIJKE STOCKS VOOR DE HOMOGENE GROEPEN

PLOTS VOOR DE AFWIJINGEN BIJ INTERNE VALIDITEIT

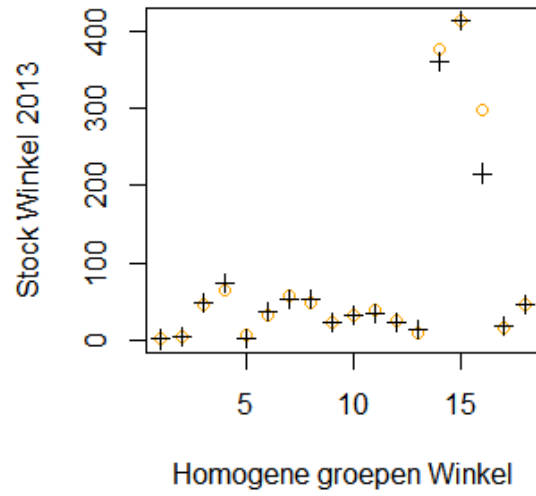




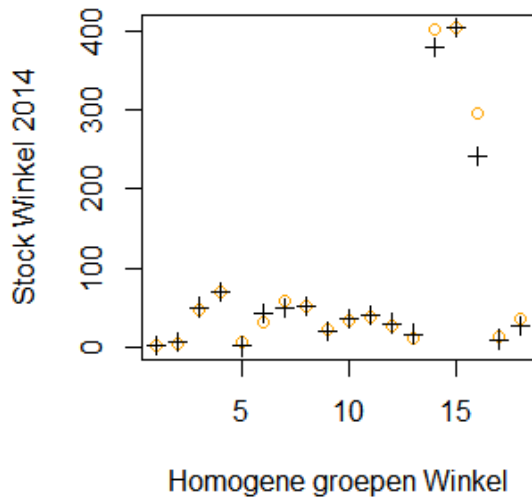
### Interne Validiteit 2012



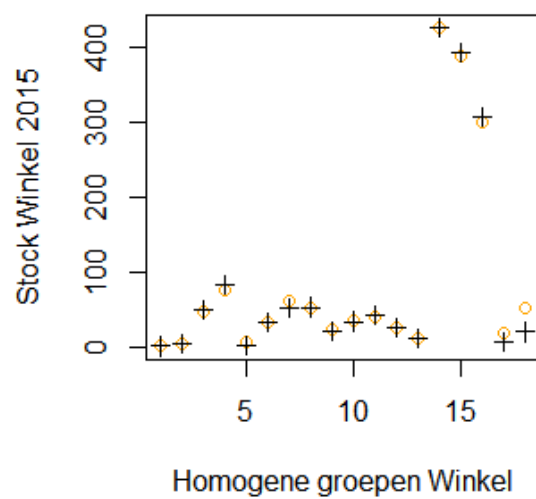
### Interne Validiteit 2013



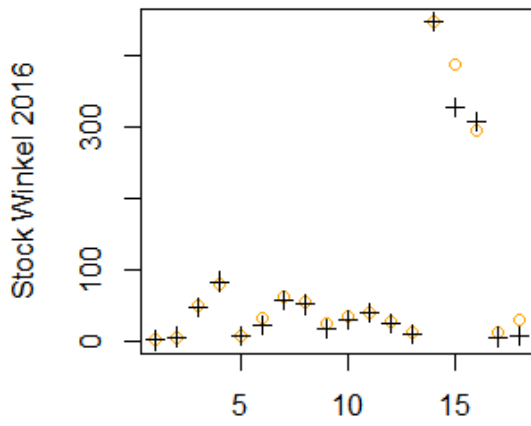
### Interne Validiteit 2014



### Interne Validiteit 2015

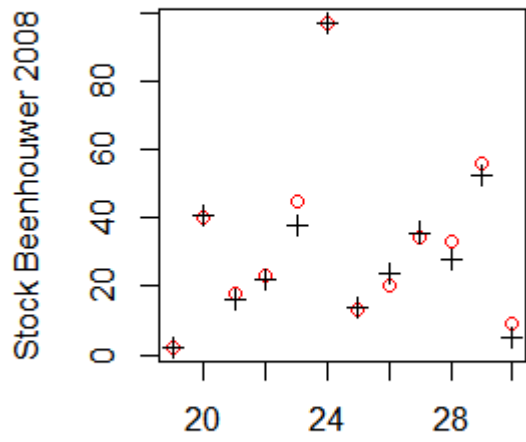


**Interne Validiteit 2016**



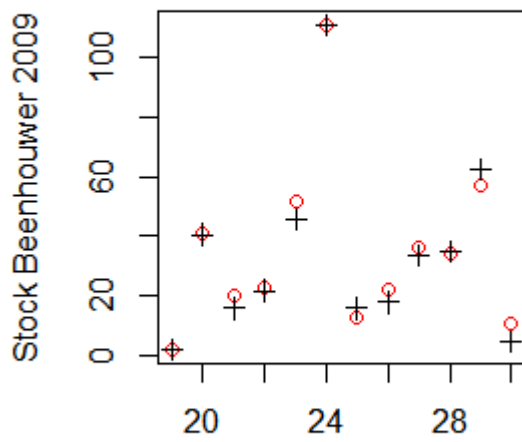
Homogene groepen Winkel

**Interne Validiteit 2008**



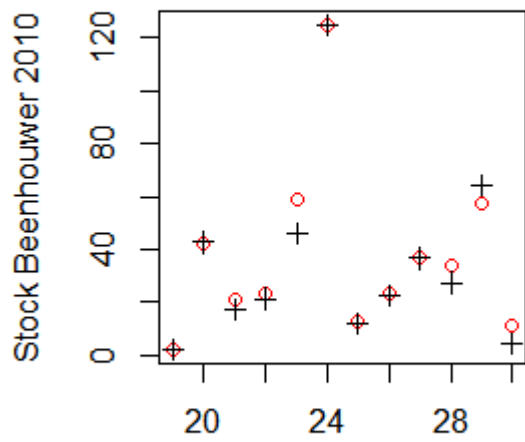
Homogene groepen Beenhouwer

**Interne Validiteit 2009**



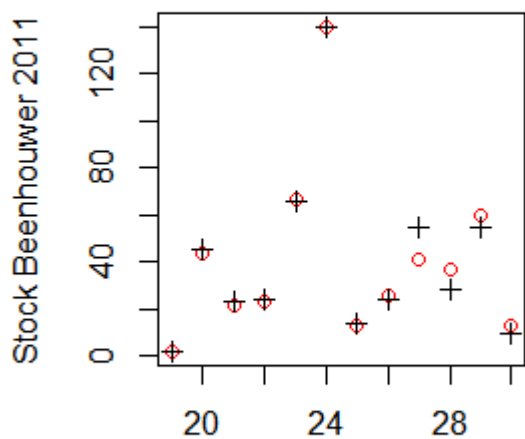
Homogene groepen Beenhouwer

**Interne Validiteit 2010**



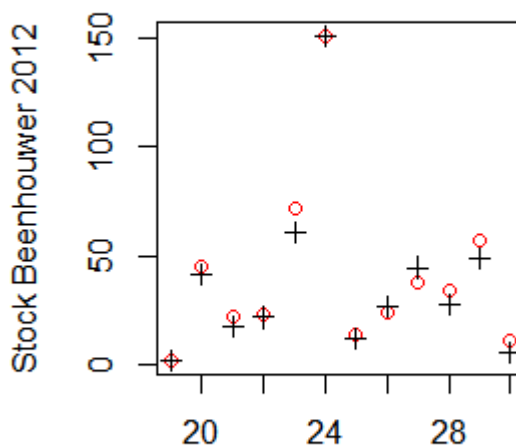
Homogene groepen Beenhouwer

### Interne Validiteit 2011



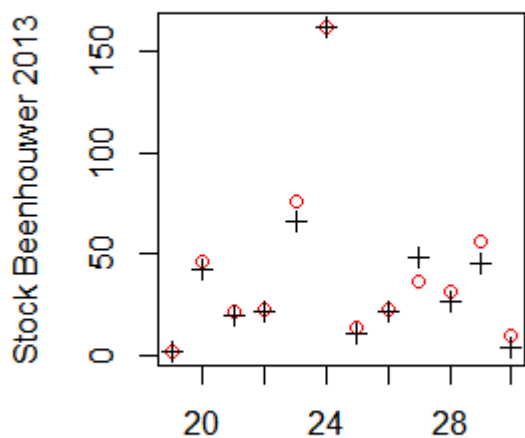
Homogene groepen Beenhouwer

### Interne Validiteit 2012



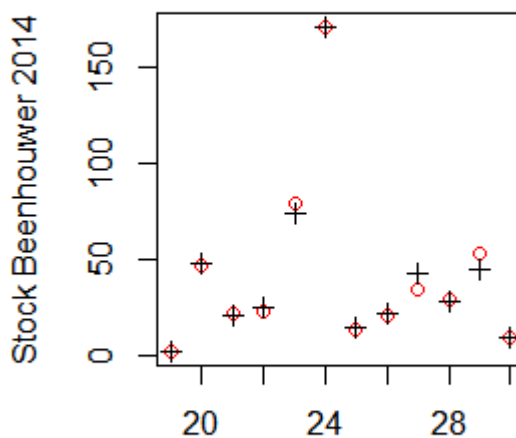
Homogene groepen Beenhouwer

### Interne Validiteit 2013



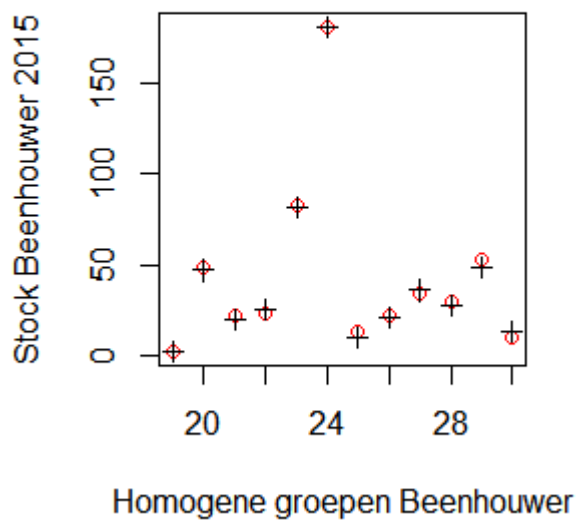
Homogene groepen Beenhouwer

### Interne Validiteit 2014

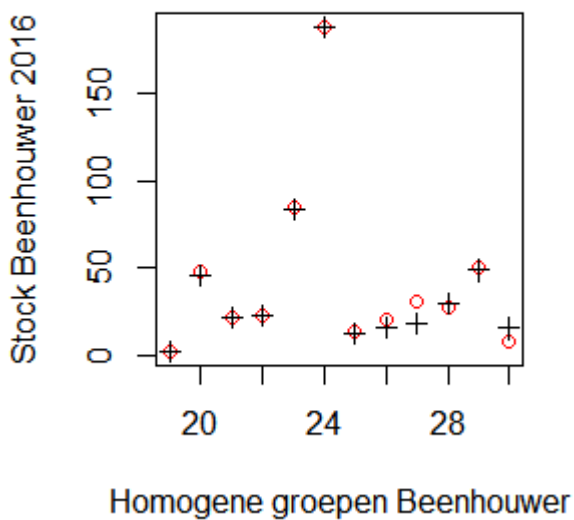


Homogene groepen Beenhouwer

### Interne Validiteit 2015



### Interne Validiteit 2016



TABELLEN VOOR DE AFWIJINGEN BIJ INTERNE VALIDITEIT

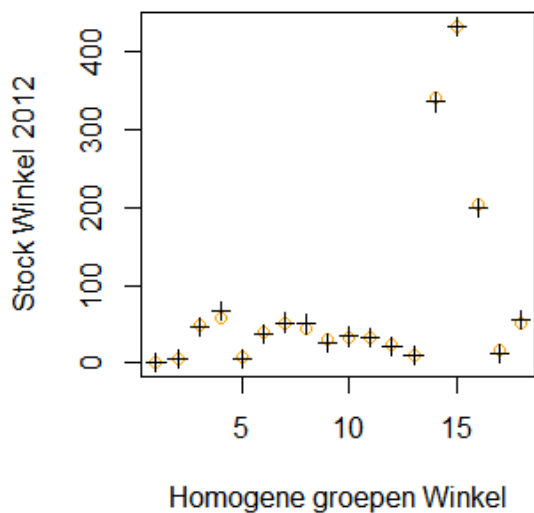
Tabel met de afwijkingen tussen de voorspelde en werkelijke stocks bij interne validiteit voor kader- en winkelfuncties:

Afwijking	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
2008	0	0	-2	5	-4	2	-1	-4	-1	0	3	0	0	6	15	6	-3	-19
2009	0	0	-2	9	-5	1	-8	0	-5	4	6	0	1	9	-4	42	1	-15
2010	0	0	-3	13	-3	5	-2	-3	-6	3	9	3	-2	23	-26	59	-3	-21
2011	0	0	-4	1	-1	-12	0	3	-9	3	1	2	-1	6	-10	74	-11	16
2012	0	0	-1	-8	3	-8	3	-5	-1	-2	3	3	-2	16	1	86	3	-11
2013	0	0	-2	-11	5	-5	2	-6	2	2	4	3	-3	15	5	72	-1	-1
2014	0	0	-4	-1	6	-10	7	-1	4	1	-2	-4	-6	13	-3	37	4	10
2015	0	0	-1	-6	4	1	7	-1	3	4	-2	0	0	4	3	-14	13	32
2016	0	-1	-1	-7	-1	10	0	0	6	7	-1	1	1	-20	47	-36	5	23

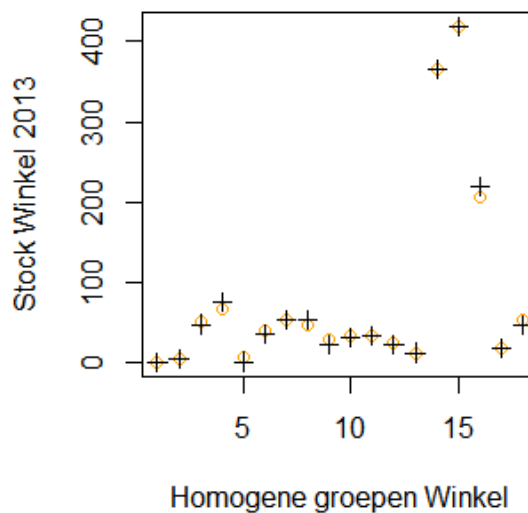
Tabel met de afwijkingen tussen de voorspelde en werkelijke stocks bij interne validiteit voor beenhouwer functies:

Afwijking	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
2008	0	-1	2	1	7	-1	-1	-4	-2	5	3	4
2009	0	0	4	1	6	-1	-3	4	2	-1	-6	6
2010	0	0	4	2	14	2	1	1	1	7	-6	7
2011	0	1	0	0	5	8	0	3	-11	10	8	4
2012	-1	2	3	0	10	-2	1	-4	-8	5	7	4
2013	-1	2	1	0	8	-3	2	0	-13	4	9	5
2014	0	-1	1	-2	5	-1	-1	-1	-9	1	8	0
2015	0	1	2	-2	1	-1	3	1	-2	2	4	-3
2016	2	2	0	1	-1	-8	2	5	14	-2	1	-6

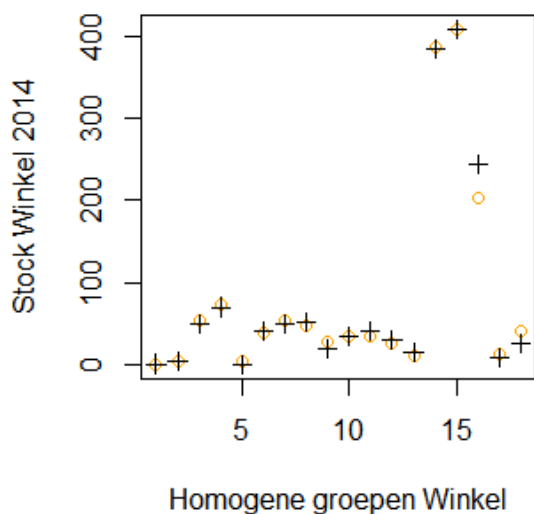
**Predictieve Validiteit 2012**



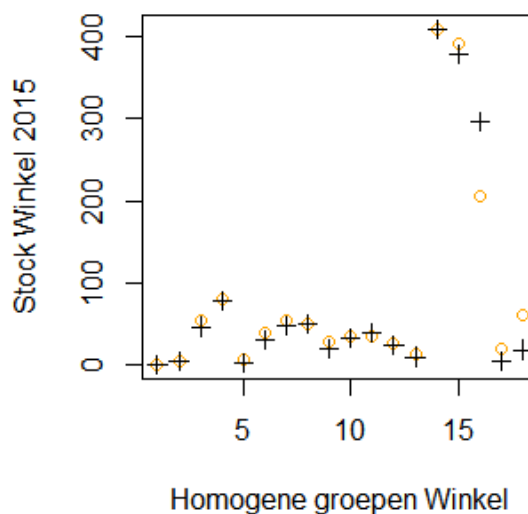
**Predictieve Validiteit 2013**



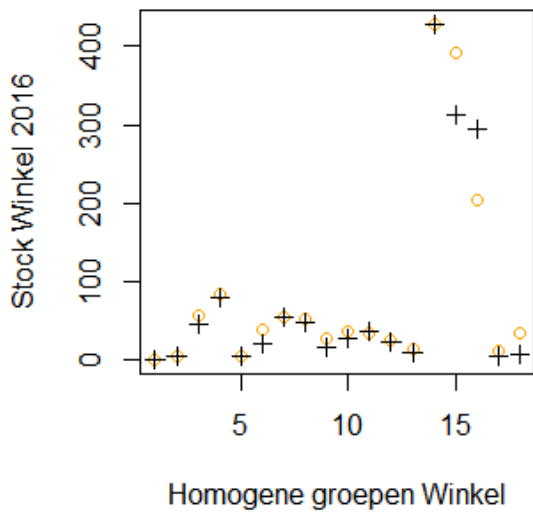
**Predictieve Validiteit 2014**



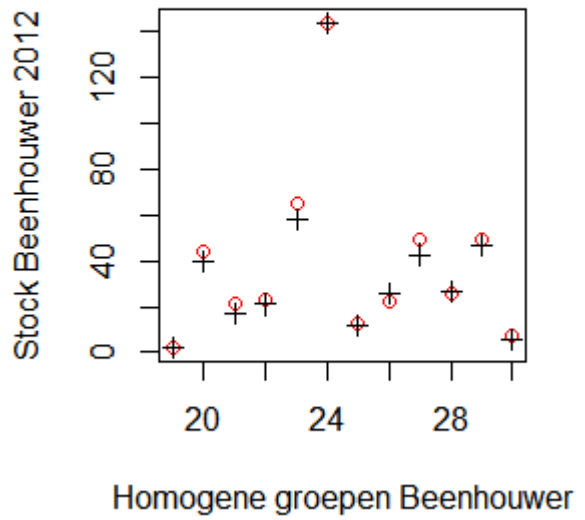
**Predictieve Validiteit 2015**



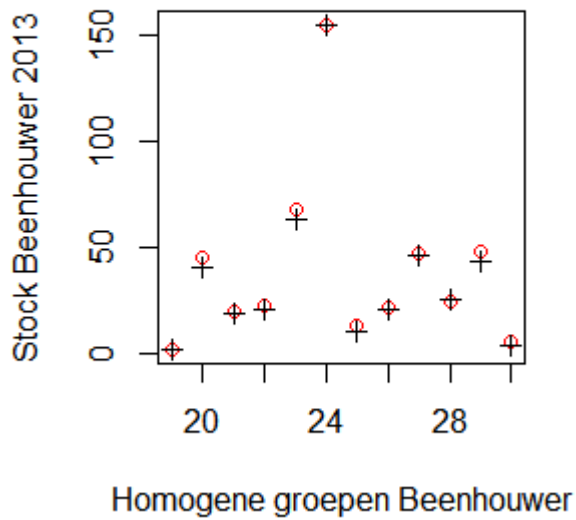
**Predictieve Validiteit 2016**



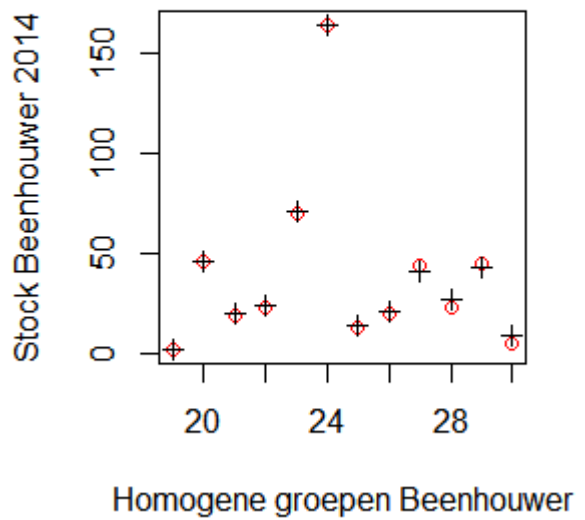
**Predictieve Validiteit 2012**



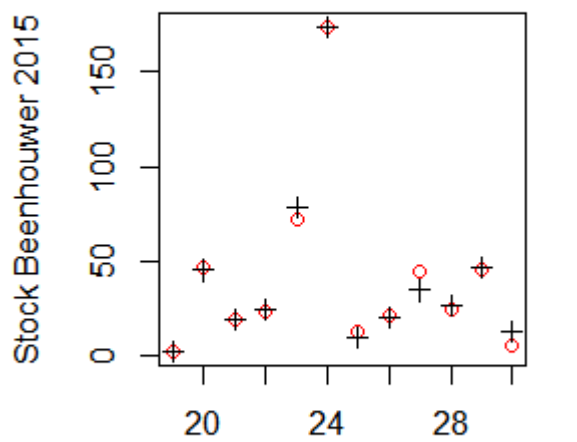
**Predictieve Validiteit 2013**



**Predictieve Validiteit 2014**

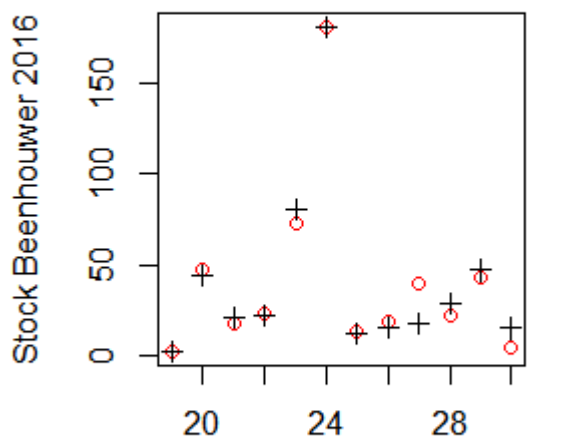


**Predictieve Validiteit 2015**



Homogene groepen Beenhouwer

**Predictieve Validiteit 2016**



Homogene groepen Beenhouwer



TABELLEN VOOR DE AFWIJINGEN BIJ PREDICTIEVE VALIDITEIT

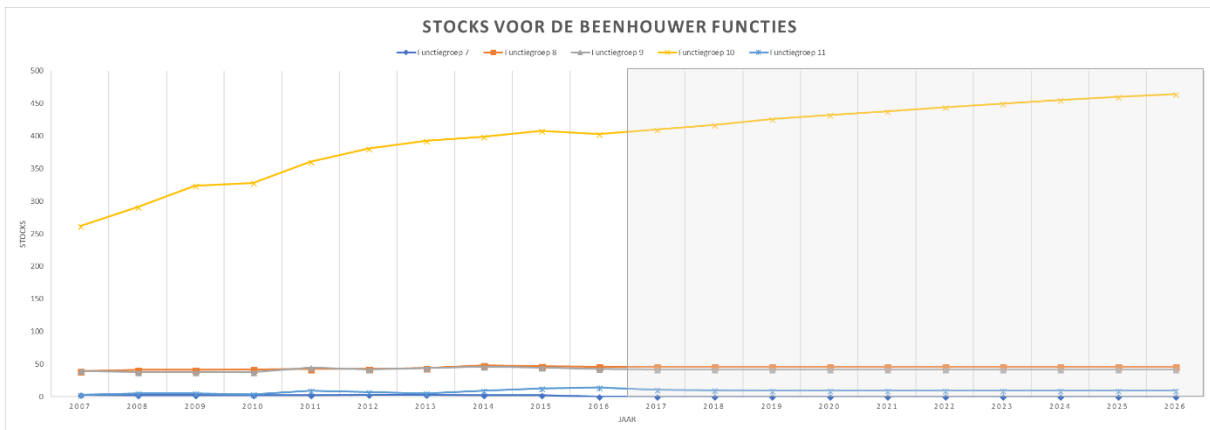
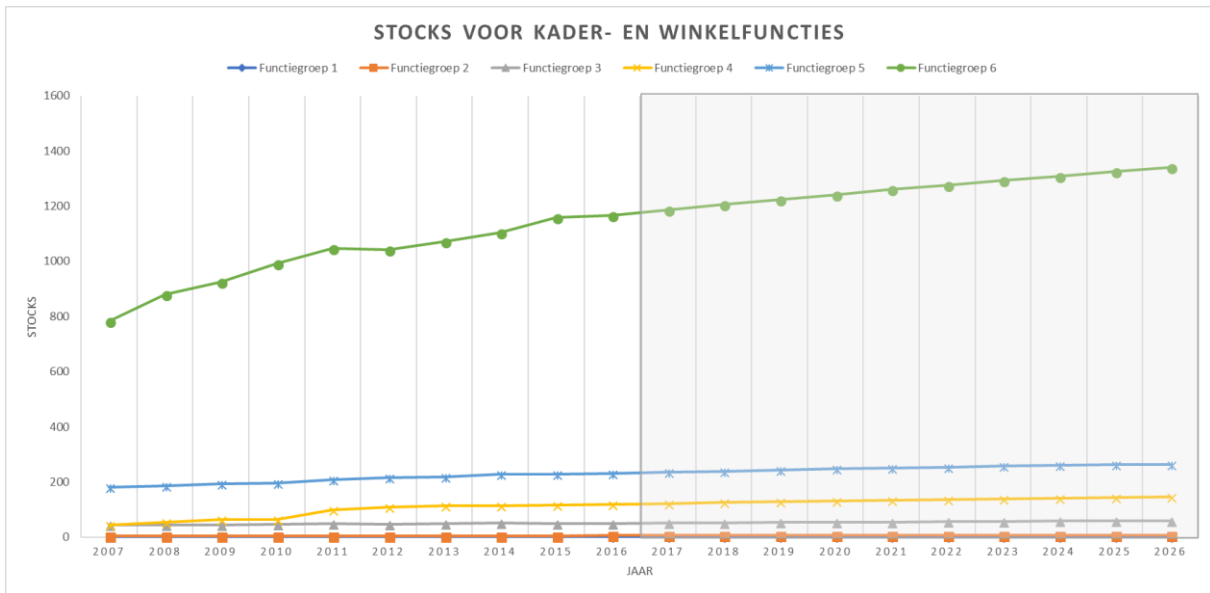
Tabel met de absolute afwijkingen bij predictieve validiteit voor kader- en winkelfuncties:

Afwijking	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
2012	0	0	4	-7	3	2	0	-8	6	-2	1	2	-1	8	9	-3	5	-4
2013	0	0	4	-8	5	4	-2	-8	8	3	1	2	-2	4	11	-19	1	7
2014	0	0	3	3	6	-2	2	-3	9	2	-5	-4	-4	-1	2	-54	6	16
2015	0	0	7	-2	4	8	1	-3	7	5	-6	0	2	-13	6	-109	15	41
2016	0	-1	8	-3	-1	17	-7	-2	10	9	-5	1	3	-40	51	-129	7	28

Tabel met de absolute afwijkingen bij predictieve validiteit voor beenhouwer functies:

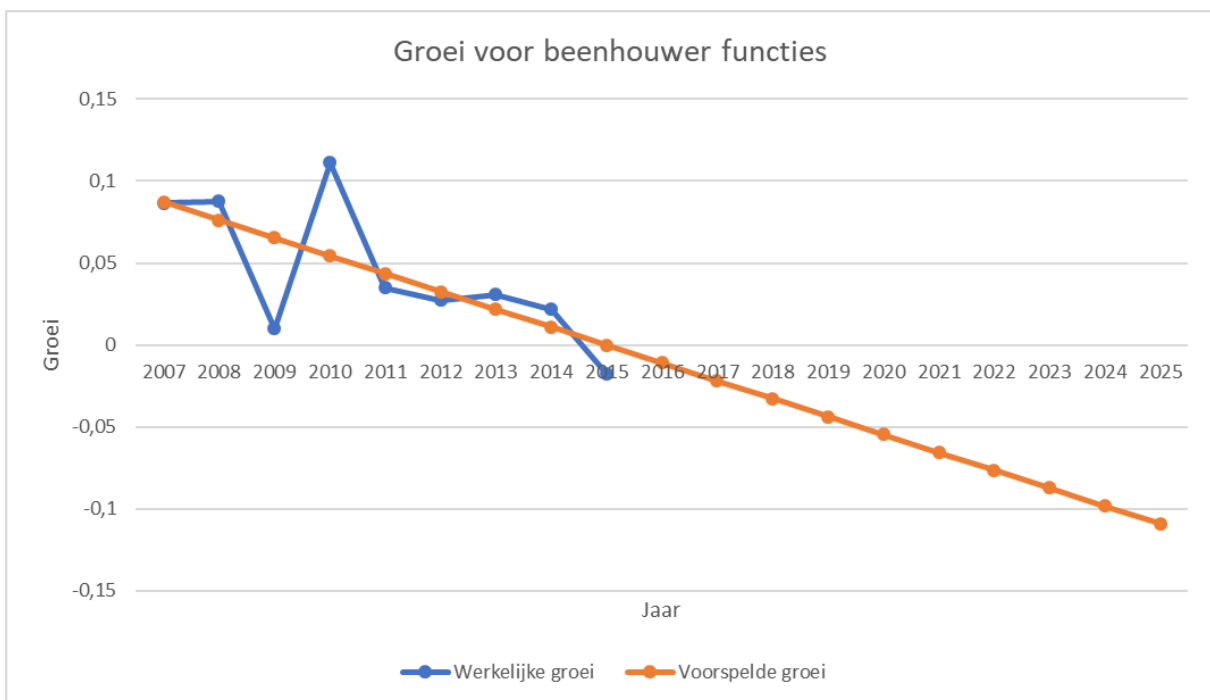
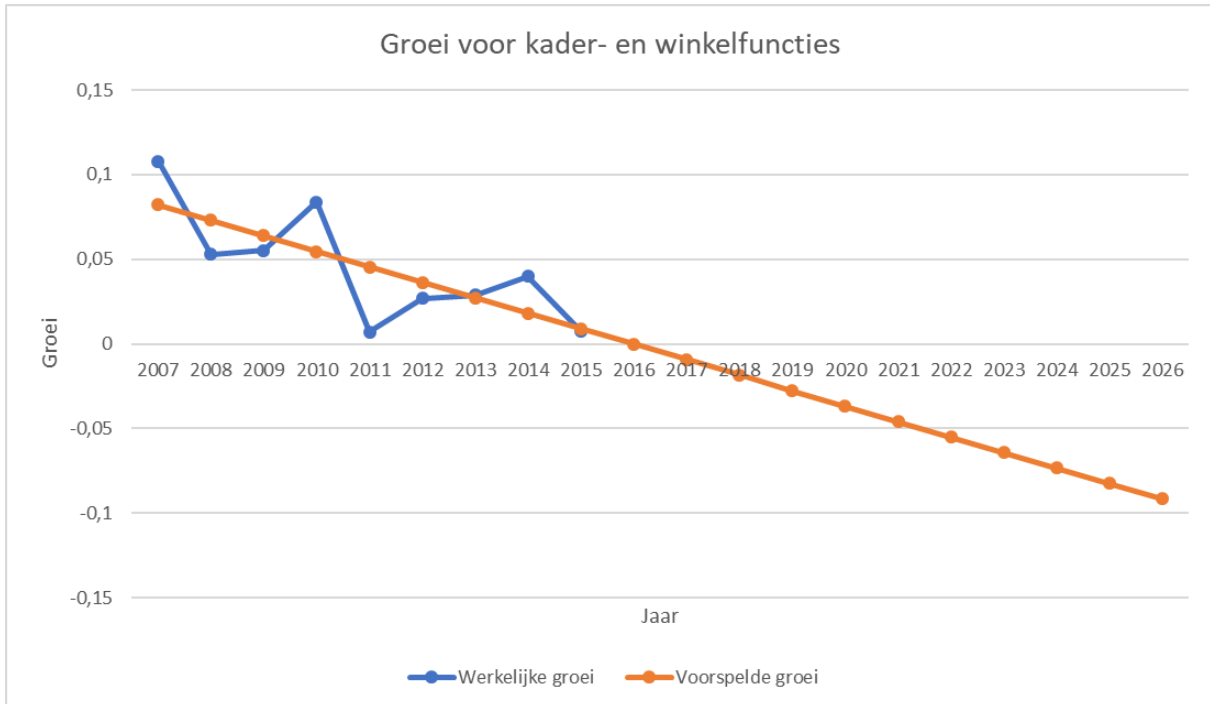
Afwijking	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
2012	-1	1	1	0	1	-9	0	-6	2	-3	0	0
2013	-1	1	-2	0	-3	-11	1	-1	-4	-3	2	1
2014	0	-2	-3	-3	-9	-10	-2	-1	-1	-5	1	-4
2015	0	-1	-2	-4	-15	-11	2	1	7	-4	-2	-8
2016	2	0	-4	-1	-19	-19	1	5	22	-7	-5	-10

## BIJLAGE 7: DE EVOLUTIE VAN DE STOCKS OVER DE JAREN HEEN



## BIJLAGE 8: DE REGRESSIERECHTEN, OPGESTELD OM DE GROEIVOET TE BEPALEN

De regressierechte voor de groeivoet van de kader- en winkelfuncties werd in Excel berekend met behulp van de functies 'snijpunt' en 'richting'. Op deze manier werd een constante term van 0.091 gevonden en een richtingscoëfficiënt van -0.009. Voor de regressierechte voor de groeivoet voor beenhouwer functies werd een constante term van 0.098 gevonden en een richtingscoëfficiënt van -0.010.



## BIJLAGE 9: DE VOORSPELDE STOCKS, REKENING HOUDEND MET DE GROEIVOET

Kader- en winkel	Functiegroep 1	Functiegroep 2	Functiegroep 3	Functiegroep 4	Functiegroep 5	Functiegroep 6	Totaal	Groei
31/12/2007	1	5	44	45	180	782	1057	
31/12/2008	1	5	45	54	187	879	1171	0,108
31/12/2009	1	5	45	63	194	925	1233	0,053
31/12/2010	1	5	46	63	195	991	1301	0,055
31/12/2011	1	5	48	100	208	1048	1410	0,084
31/12/2012	1	5	46	108	217	1043	1420	0,007
31/12/2013	1	5	48	113	219	1072	1458	0,027
31/12/2014	1	5	51	113	227	1103	1500	0,029
31/12/2015	1	5	49	117	228	1160	1560	0,040
31/12/2016	1	6	50	118	230	1167	1572	0,008
31/12/2017	1	6	51	122	234	1159	1573	0,001
31/12/2018	1	6	52	124	236	1139	1558	-0,010
31/12/2019	1	6	53	126	236	1109	1531	-0,017
31/12/2020	1	6	53	126	235	1068	1489	-0,027
31/12/2021	1	6	53	125	232	1019	1436	-0,036
31/12/2022	1	6	53	123	227	960	1370	-0,046
31/12/2023	1	5	53	120	220	883	1282	-0,064
31/12/2024	1	5	52	116	212	801	1187	-0,074
31/12/2025	1	5	51	110	202	719	1088	-0,083
31/12/2026	1	5	50	103	191	639	989	-0,091

Beenhouwer	Functiegroep 7	Functiegroep 8	Functiegroep 9	Functiegroep 10	Functiegroep 11	Totaal	Groei
31/12/2007	3	39	40	262	3	347	
31/12/2008	2	41	38	291	5	377	0,086
31/12/2009	2	41	38	324	5	410	0,088
31/12/2010	2	42	38	328	4	414	0,010
31/12/2011	2	43	45	361	9	460	0,111
31/12/2012	3	43	42	381	7	476	0,035
31/12/2013	3	44	44	393	5	489	0,027
31/12/2014	2	48	46	399	9	504	0,031
31/12/2015	2	47	45	408	13	515	0,022
31/12/2016	0	46	43	403	14	506	-0,017
31/12/2017	0	46	42	401	10	499	-0,014
31/12/2018	0	46	40	394	7	487	-0,024
31/12/2019	0	46	38	381	5	470	-0,035
31/12/2020	0	45	36	365	3	449	-0,045
31/12/2021	0	44	33	345	1	423	-0,058
31/12/2022	0	43	30	322	0	395	-0,066
31/12/2023	0	41	27	297	0	365	-0,076
31/12/2024	0	39	23	272	0	334	-0,085
31/12/2025	0	37	19	246	0	302	-0,096
31/12/2026	0	35	16	218	0	269	-0,109