

2014•2015
FACULTEIT BEDRIJFSECONOMISCHE WETENSCHAPPEN
*master in de toegepaste economische wetenschappen:
handelsingenieur in de beleidsinformatica*

Masterproef
Vergelijkende studie van software om bedrijfsprocessen mee te simuleren

Promotor :
Prof. dr. Benoit DEPAIRE

Maarten François
*Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de toegepaste economische
wetenschappen: handelsingenieur in de beleidsinformatica*

2014•2015

FACULTEIT BEDRIJFSECONOMISCHE
WETENSCHAPPEN

*master in de toegepaste economische wetenschappen:
handelsingenieur in de beleidsinformatica*

Masterproef

Vergelijkende studie van software om bedrijfsprocessen
mee te simuleren

Promotor :
Prof. dr. Benoit DEPAIRE

Maarten François

*Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de toegepaste economische
wetenschappen: handelsingenieur in de beleidsinformatica*

Woord vooraf

Deze masterproef is uitgevoerd in het kader van de masteropleiding handelsingenieur in de beleidsinformatica met afstudeerrichting ICT aan de Universiteit Hasselt. Graag zou ik mijn promotor, prof dr. Benoit Depaire, bedanken voor de begeleiding en advies die hij heeft gegeven bij het tot stand komen van deze masterproef. Ook wil ik mijn familie bedanken voor hun steun.

Samenvatting

Deze masterproef bestaat uit twee hoofdonderwerpen. Namelijk business process simulatie software en software evaluation. Business process simulatie is geen klein onderwerp. Het hangt samen met onderwerpen zoals business process modeling en statistiek. Om te beginnen met simuleren moet je eerst modelleren. Deze modellen kunnen op verschillende manieren worden weergegeven. Zo zijn er BPM, discrete event, system dynamics en hybrid modellen. Er zijn dan ook een hele reeks van programma's beschikbaar op de markt die enkel een bepaald soort model kunnen modelleren en simuleren. Of softwarepakketten die wel elk soort model kunnen modelleren maar beperkt zijn in hun simulatie. Ook is er een verschil tussen de tools, deze zijn niet allemaal BPM suites of simulator tools, je kan ook via simulatietalen bedrijfsprocessen simuleren, met deze talen kun je zelf de vereiste simulatie programmeren. Dus met al deze combinaties is het normaal dat er een grote reeks van opties beschikbaar zijn voor bedrijven om uit te kiezen. Deze masterproef gaat dan ook op zoek naar een framework om op een simpele manier software te vergelijken en zo de beste keuze maken uit de verschillende opties. De titel van de masterproef is dan ook als volgt: "Vergelijkende studie van software om bedrijfsprocessen mee te simuleren."

De literatuurstuurstudie is onderverdeeld in drie delen.

In de eerste sectie wordt business process simulatie behandeld. Business process simulatie is gelinkt aan het maken van je business process model. Dus business process simulatie programma's zullen dan ook business process modellen moeten kunnen creëren. Simulatie wordt gebruikt voor business process re-engineering, aan de hand van what-if analyses wordt nagegaan welke invloed bepaalde beslissingen op het systeem hebben.

Buiten de simulatiemodellen gecreëerd door BPM suites zijn er vier soorten simulatie modellen. Namelijk spreadsheet based modellen, discrete event modellen, system dynamics modellen en hybrid modellen. Onder de simulatie modellering tools zijn er ook verschillende soorten beschikbaar. Deze soorten tools zijn spreadsheets, rapid modeling tools, simulators en simulatietalen. De laatste twee kunnen ook nog opgedeeld worden in vier classificaties. Namelijk: pure simulators, simulators die ook kunnen programmeren, simulatietalen die ook eigenschappen van simulators hebben en pure simulatietalen. Enkel de simulators en simulatietalen worden tegenwoordig nog veel gebruikt. Meestal kunnen deze tools meer dan alleen simuleren en modelleren. Zo kan het ook zijn dat ze met business rules kunnen werken of speciale rapporten en grafieken kunnen creëren.

In de tweede sectie werden twee onderdelen van het framework gecreëerd. De categorieën van criteria en de criteria zelf. Deze werden door het bestuderen van andere papers gevonden. De beschreven criteria behoren tot tien categorieën. De criteria kunnen worden opgedeeld in twee soorten. Je hebt de eigenschappen en de rating criteria. De eigenschappen criteria zijn objectieve criteria die beschrijven of de software bepaalde eigenschappen heeft. Dit zijn dus eigenlijk binaire criteria, je hebt deze eigenschap wel of niet. De rating criteria zijn subjectieve criteria die scores geven aan bepaalde eigenschappen van de software. Dit zijn criteria met scores tegen een schaal.

In de derde sectie worden de papers die daadwerkelijk software hebben vergeleken en hun gebruikte evaluatietechnieken besproken. De meest gebruikte technieken zijn de Analytical Hierarchy Process techniek en de Weighted Scoring Method.

Na de literatuurstudie worden kort een aantal softwarepakketten besproken die behandeld zijn in de gelezen papers of gevonden werden op het internet. Is het een commercieel programma of is het freeware? Wat soort simulatie gebruikt het?

Vervolgens wordt het framework en zijn resultaten besproken. Het framework bestaat uit zes stappen. Ten eerste moet de gebruiker bepalen waarom hij het framework gebruikt. Zo moet over het doel worden nagedacht en ook over de vereiste eigenschappen van de software waaronder het vooropgestelde budget hoort. Als tweede stap moet de gebruiker zelf op zoek gaan naar de software die deze wil evalueren. Deze lijst van alternatieven kan kort of lang zijn. Afhankelijk van het aantal alternatieven kan de gebruiker dan kiezen tussen AHP, WSM of Decision-Making Software. Daarna moet er bepaald worden welk criteria en categorieën van criteria er beoordeeld zullen worden, deze stap is simpel om uit te voeren als er juist nagedacht werd over de behoeften in stap 1. Als voorlaatste stap worden de geselecteerde criteria en categorieën beoordeeld door er een score tussen nul en tien op een schaal van tien te geven. Ten laatste wordt de gekozen evaluatietechniek gebruikt om aan de hand van de scores in de vorige stap een uiteindelijke score te geven aan elke alternatief. Het alternatief met de hoogste score zal dan het beste alternatief zijn.

Het framework wordt toegepast in een aantal scenario's. In een eerste scenario wordt de Analytic Hierarchy Process techniek toegepast op twee programma's. Namelijk Adonis Community Edition en Bizagi. Bij de evaluatie worden enkel de categorieën van criteria beoordeeld en niet de criteria zelf. In een tweede scenario wordt in een gelijkaardig scenario het framework toegepast op Accuprocess, Visual Paradigm en BPMN Web Modeler. Ook wordt er in een voorbeeld de Weighted Scoring Method en Analytical Hierarchy Process techniek toegepast op twee petrinet tools, Jasper en WoPeD.

Geconcludeerd kan worden dat het framework wel nuttig is om te gebruiken maar het is toch niet helemaal perfect. Zo is er volgens Hlupic (1993) voortdurend verandering in het onderwerp simuleren en modeleren waardoor de criteria steeds moeten geüpdatet worden. Ook is de lijst van criteria niet volledig, specialisten in de onderwerpen simuleren, modeleren en programmeren zouden misschien wat criteria missen of bepaalde criteria liever niet zien in het framework. Afhankelijk van de modellering techniek of gebruikte tool kunnen er ook extra criteria van toepassing zijn. En het framework uit deze masterproef heeft vooral een nadruk op simulator tools en discrete event modeling gelegd.

Daarom zou het voor toekomstig onderzoek nuttig kunnen zijn om een programma te creëren waarmee software op de markt door de verkoper en gebruikers kan geëvalueerd worden. Daarmee moeten de eigenschappen criteria enkel bij een update van het programma opnieuw onderzocht worden en bestaat er de mogelijkheid dat de rating criteria door de community van gebruikers met elkaar gedeeld kunnen worden. Via deze software zouden experts en onderzoekers ook kunnen samenwerken aan de huidige criteria en categorieën die van nut zijn voor de evaluatie van BPS software.

Inhoudsopgave

Woord vooraf	i
Samenvatting	iii
Inhoudsopgave	vii
Lijst tabellen	ix
Lijst figuren.....	xi
Hoofdstuk 1: Inleiding.....	1
1.1 Onderzoeksvragen	1
1.2 Onderzoeksmethode.....	2
1.3 Overzicht masterproef	3
Hoofdstuk 2: Literatuurstudie	5
2.1 Business Process Simulatie.....	5
2.1.1 Wat is BPS.....	5
2.1.2 Waarom wordt BPS gebruikt.	6
2.1.3 Verschillende soorten.....	7
2.1.4 Conclusie.....	12
2.2 Evaluatiecriteria	13
2.2.1 Categorie 1: Invoer	15
2.2.2 Categorie 2: Uitvoer	16
2.2.3 Categorie 3: Financiële Eigenschappen.....	18
2.2.4 Categorie 4: Modellerings-eigenschappen	19
2.2.5 Categorie 5: Verkoper.....	21
2.2.6 Categorie 6: Support	22
2.2.7 Categorie 7: Simulatie-eigenschappen	24
2.2.8 Categorie 8: Programmeren.....	27
2.2.9 Categorie 9: Samenwerking Andere Software	28
2.2.10 Categorie 10: Algemene Eigenschappen	29
2.3 Evaluatietechniek.....	30
2.3.1 Vergelijking BPS Software	30

2.3.2 Evaluatietechnieken	31
2.3.3 Conclusie.....	38
2.4 Conclusie	39
Hoofdstuk 3 Softwarepakketten	41
3.1 Software uit papers	41
3.2 Software van het internet	45
3.3 Conclusie	46
Hoofdstuk 4: Evaluatie	47
4.1 Evaluatieframework.....	47
4.2 Resultaten	50
4.2.1 Voorbeeld 1	51
4.2.2 Scenario 1	64
4.2.3 Scenario 2	75
4.3 Conclusie	90
Hoofdstuk 5 Conclusie	91
Lijst geraadpleegde werken	93

Lijst tabellen

Tabel 1: Lijst papers criteria	13
Tabel 2: Papers vergelijken van software.....	30
Tabel 3: Intensity of importance levels	32
Tabel 4: Gegevens van de drie auto's in het AHP voorbeeld	33
Tabel 5: Pairwise comparison volgens kost in het AHP voorbeeld	34
Tabel 6: Pairwise comparison volgens veiligheid in het AHP voorbeeld.....	34
Tabel 7: Pairwise comparison volgens uiterlijk in het AHP voorbeeld.....	35
Tabel 8: Pairwise comparison van de criteria in het AHP voorbeeld	35
Tabel 9: Uiteindelijke score per auto	35
Tabel 10: Scores per auto in het WSM voorbeeld.....	37
Tabel 11: Lijst BPM suites en modelleertools	41
Tabel 12: Lijst DE simulators	42
Tabel 13: Lijst hybride simulators	44
Tabel 14: Lijst simulatietalen.....	44
Tabel 15: Software van het internet	45
Tabel 16a: Invoer.....	51
Tabel 16b: Uitvoer.....	51
Tabel 16c: Modellerings-eigenschappen.....	51
Tabel 16d: Support	52
Tabel 16e: Simulatie-eigenschappen	52
Tabel 16f: Algemene eigenschappen	52
Tabel 17a: Invoer WoPeD.....	53
Tabel 17b: Uitvoer WoPeD.....	53
Tabel 17c: Modellerings-eigenschappen WoPeD.....	54
Tabel 17d: Support WoPeD	55
Tabel 17e: Simulatie-eigenschappen WoPeD	55
Tabel 17f: Algemene Eigenschappen WoPeD	56
Tabel 18a: Invoer Jasper	57
Tabel 18b: Uitvoer Jasper	57
Tabel 18c: Modellerings-eigenschappen Jasper	58
Tabel 18d: Support Jasper	59
Tabel 18e: Simulatie-eigenschappen Jasper.....	59
Tabel 18f: Algemene eigenschappen Jasper	60
Tabel 19: Pairwise comparison van de categorieën.....	62
Tabel 20a: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Invoer categorie	62
Tabel 20b: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Uitvoer categorie	62
Tabel 20c: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Modellerings-eigenschappen categorie	63
Tabel 20d: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Support categorie	63
Tabel 20e: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Simulatie-eigenschappen categorie. 63	
Tabel 20f: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Algemene eigenschappen categorie 63	
Tabel 21: Score berekening met de gewichten.....	63
Tabel 22a: Pairwise comparison van de categorieën.....	71
Tabel 22b: Pairwise comparison van de categorieën.....	72

Tabel 23a: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Invoer categorie	73
Tabel 23b: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Uitvoer categorie	73
Tabel 23c: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Modellerings-eigenschappen categorie	73
Tabel 23d: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Verkoper categorie	73
Tabel 23e: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Support categorie	73
Tabel 23f: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Simulatie-eigenschappen categorie .	73
Tabel 23g: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Samenwerking andere software categorie.....	74
Tabel 23h: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Algemene eigenschappen categorie	74
Tabel 24a: Score berekening met de gewichten	74
Tabel 24b: Score berekening met de gewichten	74
Tabel 25a: Pairwise comparison van de categorieën.....	85
Tabel 25b: Pairwise comparison van de categorieën.....	85
Tabel 26a: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Invoer categorie	86
Tabel 26b: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Uitvoer categorie	86
Tabel 26c: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Financiële eigenschappen categorie	87
Tabel 26d: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Modellerings-eigenschappen categorie	87
Tabel 26e: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Verkoper categorie	87
Tabel 26f: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Support categorie	88
Tabel 26g: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Simulatie-eigenschappen categorie.	88
Tabel 26h: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Samenwerking andere software categorie.....	88
Tabel 26i: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Algemene eigenschappen categorie.	89
Tabel 27a: Score berekening met de gewichten	89
Tabel 27b: Score berekening met de gewichten	89

Lijst figuren

Figuur 1: Het Bass model voorgesteld als system dynamics model in Anylogic	9
Figuur 2: BPM Suites. Uit BPTrends.....	11
Figuur 3: Hiërarchie voorbeeld AHP	33
Figuur 4: WSM stappen volgens Kaur en Singh (2014)	36
Figuur 5: De interface van Adonis	65
Figuur 6: De interface van Bizagi	68
Figuur 7: De interface van Accuprocess	76
Figuur 8: De interface van Visual Paradigm	79
Figuur 9: De interface van BPMN Web Modeler	82

Hoofdstuk 1: Inleiding

Business process simulatie is een manier om bedrijfsprocessen te analyseren. Het wordt doorgaans gebruikt om het gedrag van echte processen over de tijd heen te bestuderen. Dit gebeurt zonder echt verandering in het bedrijf door te voeren. Namelijk door middel van software of zelf gecreëerde programma's die het systeem zo goed mogelijk proberen na te bootsen.

Deze tools bestaan in heel veel vormen omdat er meerdere manieren van simuleren en modeleren zijn. Daardoor is er een groot aanbod van software om uit te kiezen. Via het resultaat van deze masterproef zouden bedrijven gemakkelijker een keuze kunnen maken om een bepaalde software te selecteren. Zo is er misschien software die goedkoper is en toch niet minder voordelen heeft ten opzichte van andere software of dat het softwarepakket nuttiger is voor het bedrijf omdat het andere functies buiten simuleren heeft. Want het kiezen van een simulatie software is zeer moeilijk. Zoals aangehaald door onder andere Miers & Hall (2007) en Gupta (2012) zijn er een zeer groot aantal softwarepakketten om uit te kiezen.

1.1 Onderzoeksvragen

De centrale onderzoeksvraag wordt als volgt geformuleerd: "Hoe kunnen we simulatiesoftware vergelijken om te bepalen welke het meest geschikt is om business processen te simuleren?"

Een manier om dit te doen is via software evaluatie. Het uiteindelijke doel van deze vraag is dus de creatie van een framework om software met elkaar te vergelijken en te evalueren.

Om tot een antwoord op de centrale onderzoeksvraag te komen moeten er een aantal deelvragen gesteld worden die bijdragen tot het vinden van een antwoord. Deze deelvragen vormen de verschillende elementen die nodig zijn om software te evalueren.

Deelvragen:

- Welke criteria moeten worden gebruikt om simulatiesoftware te evalueren?

Onderdeel van een framework om software te evalueren zijn de criteria. Deze kunnen ook nog onderverdeeld worden in categorieën. Het doel van deze vraag is om tot een lijst van categorieën van criteria en criteria te komen.

- Welke mogelijke softwarepakketten worden meestal gebruikt om business processen te simuleren?

Om aan te tonen dat er wel degelijk een groot aantal verschillende programma's zijn om bedrijfsprocessen te simuleren wordt er onderzocht welke programma's zoal in de literatuur worden besproken en er wordt ook op het internet gezocht naar een aantal pakketten. Een aantal van deze pakketten zullen in de scenario's gebruikt worden.

- Hoe wordt simulatiesoftware geëvalueerd? Met andere woorden pas het framework toe op de simulatie softwarepakketten.

Om aan te tonen hoe het framework precies werkt moet het worden toegepast. Dit zal dan ook gebeuren in een aantal scenario's. De bedoeling van deze scenario's is om te zien hoe het framework werkt en dat een bedrijf zich erin kan herkennen. Deze evaluatie zal dan ook zo objectief mogelijk worden uitgevoerd.

1.2 Onderzoeksmethode

Om tot een antwoord te komen op de centrale onderzoeksvraag en de deelvragen zal er een literatuurstudie worden uitgevoerd.

De literatuurstudie zal vooral gebeuren via primaire bronnen (wetenschappelijke artikels) en secundaire bronnen (wetenschappelijke tijdschriften en boeken). De zoektermen die gebruikt worden zijn in het Engels omdat het onderwerp voornamelijk in Engelstalig boeken en papers verwerkt is.

Deze zoektermen zijn:

- Simulation
- Business process simulation
- Evaluation
- Evaluation techniques
- Business process
- Simulation software
- Business proces simulation software
- Software evaluation
- Evaluation criteria
- ...

Hierdoor worden de evaluatiecriteria, - categorieën en – technieken uitgewerkt. Ook worden via deze bronnen naar simulatie softwarepakketten gezocht en daarnaast wordt er ook nog op het internet zelf naar simulatie softwarepakketten gezocht. Als laatste wordt het framework toegepast op een aantal scenario's.

1.3 Overzicht masterproef

In het tweede hoofdstuk zit het meeste werk van de masterproef. Hierin wordt de literatuurstudie behandeld. In de literatuurstudie zal business process simulatie worden behandeld. Welke soorten tools en modellen zijn er? Waarom wordt business process simulatie gebruikt? Vervolgens wordt er dieper ingegaan op de evaluatiecriteria en - categorieën die gebruikt worden in de verschillende papers. Daaruit komen dan de criteria en categorieën die worden gebruikt in het framework. De criteria zelf krijgen ook allemaal een beschrijving zodat deze duidelijk zijn voor de gebruiker. Daarna worden de papers die (simulatie) software vergelijken en evalueren besproken. Daarbij wordt in het bijzonder de nadruk gelegd op de verschillende gebruikte evaluatietechnieken.

In het derde hoofdstuk zullen de softwarepakketten die gebruikt zijn in de papers worden aangehaald en kort besproken. Zo zijn er een aantal van de gevonden pakketten gebruikt om het framework op toe te passen en om de tweede deelvraag te beantwoorden.

Het vierde hoofdstuk behandelt het evaluatieframework. Hierin worden zes stappen besproken: bepalen van behoefte, opstellen van een lijst van alternatieven, bepalen van de evaluatietechniek, bepalen van de gebruikte criteria en categorieën, scores geven en uiteindelijk de evaluatietechniek toepassen. In het tweede deel van het vierde hoofdstuk wordt het framework toegepast voor verschillende scenario's. In een eerste scenario worden twee programma's geëvalueerd gebruik makend van de Analytical Hierachy Process techniek. Adonis Community Edition en Bizagi. In het tweede scenario worden drie programma's geëvalueerd. Accuprocess, Visual Paradigm en de BPMN Web Modeler. In een voorbeeld worden ook twee programma's geëvalueerd, Jasper en WoPeD, met de Weighted Scoring Method en Analytical Hierarchy Process techniek.

Als laatste is er nog kort een hoofdstuk waarin conclusies worden getrokken en over toekomstig onderzoek en werk gesproken wordt.

Hoofdstuk 2: Literatuurstudie

2.1 Business Process Simulatie

2.1.1 Wat is BPS.

Business process simulatie, ofwel kortweg BPS, verwijst naar een techniek om bedrijfsprocessen te analyseren en weer te geven. Het gedrag van de bedrijfsprocessen wordt door een simulatiemodel nagebootst. Dumas et al (2013) zeggen dat een simulator een groot aantal keer door het model loopt en elke keer hierover data opslaat, zoals kosten en duurtijden, en met deze data worden dan statistieken berekend.

Volgens Tumay (1995) zijn er 4 stappen in het simuleren van bedrijfsprocessen. Deze zijn: 1) Het bouwen van het simulatiemodel, 2) Het runnen van het simulatiemodel, 3) Analyseren van de prestatie maatstaven en 4) Evaluatie van alternatieve scenario's. Er is een verschil tussen het business process model en het simulatiemodel. Met het business process model alleen kan je niet simuleren. Dumas et al (2013) geven aan dat eerst het business process model wordt gemodelleerd volgens een modelleerstandaard zoals bijvoorbeeld BPMN of petrinetten. Om dit business process model om te vormen in een simulatiemodel moet het model worden aangevuld met simulatie info. Deze info kan komen van veronderstellingen, van de datalogs van het echte systeem dat gemodelleerd wordt, via kansverdelingen en statische verdelingen.

Voorbeelden van deze info zijn:

- Statistische verdeling van de nodige tijd per taak
- Kosten per taak
- Verdeling van de resources (werknemers, machines,...)over het model
- Periodes waarin de resources beschikbaar zijn
- Kansverdeling van beslissingen
- ...

De scenario's besproken in stap 4 zijn simulaties waarbij andere gegevens zijn ingegeven voor hetzelfde business process model.

De resultaten van de simulaties zijn onder andere:

- Wachttijden
- Duurtijden
- Kosten
- Gebruik van de resources over een tijdsduur
- ...

De simulatie met de programma's die bovenstaande simulaties uitvoeren zijn modelleerprogramma's met simulatiemogelijkheden. De simulatie die deze programma's kunnen uitvoeren is niet steeds perfect zoals Van der Aalst et al (2008) aanhalen. Het heeft bepaalde beperkingen, vooral wanneer er niet met bestaande informatie uit het systeem wordt gewerkt. Daarom wordt er ook gebruik gemaakt van de modellen besproken in 2.1.3.1. Deze simulatiemodellen zijn meer verfijnd, kunnen complexere systemen weergegeven, hebben minder beperkingen en kunnen meer soorten en complexere simulaties uitvoeren.

Dit soort simulatiemodellen wordt niet alleen gebruikt voor business process simulatie maar ook voor andere industrieën en applicaties. Voorbeelden van andere soorten simulaties worden gegeven door Smith (1999) en Ören (2009). Zo kan simulatie onder andere ook gebruikt worden in training, gaming, productie, geneeskunde, ...

2.1.2 Waarom wordt BPS gebruikt.

Druk van de concurrentie en de trends in de huidige globale bedrijfswereld zorgen er onder andere voor dat bedrijven het belangrijk vinden om de mogelijkheid te hebben om hun bedrijfsprocessen te veranderen. Volgens Hlupic en de Vreede (2005) heeft het veranderen van je huidige bedrijfsprocessen meerdere voordelen. Zo is er een mogelijk verlaging in kosten, hogere efficiëntie, verlaging van risico's en meer kans op succesvolle re-engineering projecten.

Volgens Swain (2003) wordt BPS steeds meer en meer gebruikt. Maar ook vooral voor business process re-engineering. Het grootste probleem bij BPR is het feit dat het niet simpel is om zelf te voorspellen wat de mogelijke gevolgen zijn van veranderingen die op een systeem worden toegepast zonder deze veranderingen echt al op het systeem uit te voeren. Simulatie geeft de mogelijkheid tot het visualiseren en het analyseren van de processen en de gevolgen van de veranderingen weer te geven. Dit is een belangrijke eigenschap van BPS, want zo moeten er geen veranderingen aan het systeem plaats vinden om na te gaan welke invloed bepaalde beslissingen zullen hebben op het complete systeem. Dit wordt ook wel een what-if analyse genoemd.

Volgens Barnett (2003) maakt simulatie het succesvolle gebruik van organisatorische verbeterprogramma's zoals Six Sigma mogelijk. De activiteiten van Six Sigma zijn: definiëren, meten, analyseren, verbeteren, en controle. Vooral met de laatste drie (analyseren, verbeteren en controle) kan simulatie ervoor zorgen dat de kwaliteit hoog blijft.

2.1.3 Verschillende soorten.

Er zijn veel manieren om te simuleren. Dit kan afhangen van het model dat gebruikt wordt om te simuleren of van de simulatietool. Miller et al (2003) bespreken vier verschillende simulatiemodellen en Banks (1991) bespreekt verschillende soorten simulatietools.

2.1.3.1 Soorten simulatiemodellen

Miller et al (2003) zeggen dat simulatiemodellen in vier categorieën te plaatsen zijn: Spreadsheet-based modellen, Discrete event modellen, System dynamic modellen en hybrid modellen.

De Spreadsheet-based modellen, zoals bijvoorbeeld in Excel of Crystal Ball, zijn zeer simpel en kunnen niet even veel simuleren als de andere modellen. Deze modellen worden weergegeven als rijen en kolommen. De kolommen zijn dan gegevens over de processen en de rijen stellen de verschillende processen voor. Deze gegevens zijn bijvoorbeeld wachttijden, verwerkingstijden, verschillende resources, ... Met zelf ingegeven formules worden deze gegevens dan gesimuleerd, ook kan dit geprogrammeerd worden via Visual Basic for Applications.

De discrete event modellen zijn modellen zoals gebruikt in Promodel en Arena. Bij discrete event modellen wordt het systeem, meestal een complex systeem, dat het weergeeft afgebeeld als een (discrete) opvolging van events over de tijd heen. Elk van deze events gebeurt op een specifiek tijdstip en kent geen tijdsduur. Voorbeelden van events zijn: een klant komt aan in de winkel, een vrachtwagen is klaar met uitladen, ...

Tussen de events in verandert het systeem niet, maar bij elke uitvoering van een event verandert het gehele systeem wel. Dit is anders dan bij continue modellen (zoals system dynamics en hybrid modellen) waarbij het systeem steeds in verandering is. Een mogelijke vergelijking tussen de twee zou zijn: je kan de discrete modellen zien als een stapsgewijze functie en de continue modellen als een curve. Doordat het systeem enkel verandert bij de uitvoering van een event is discrete event simulatie ook sneller dan andere modellen. Als snellere simulatie nodig is kunnen continue modellen omgezet worden in een discreet model. Een continu proces wordt dan verdeeld in discrete subdelen. Zo kan de reis van een auto van punt A naar punt B gemodelleerd worden als twee aparte events, de start en de aankomst event. De reis zelf wordt weergegeven als het tijdsverschil tussen de twee events.

Discrete event simulatie bevat volgens Law en Kelton (2000) de volgende eigenschappen:

- System state: de verzameling van status variabelen (geven de status van het systeem weer) die vereist zijn om het systeem op een bepaald tijdstip te omschrijven.
- Simulation clock: geeft de simulatietijd weer. Deze tijd springt van tijdstip tot tijdstip omdat events discreet zijn in plaats van continu.
- Event list: deze lijst geeft alle events weer die nog moet gebeuren en wanneer deze plaats vinden na de laatst gesimuleerde event.
- Statistical counters: een variabele die statistische informatie weergeeft van het systeem.
- Initialization routine: als deze actie wordt uitgevoerd, wordt de simulatie op tijdstip nul, de start van de simulatie, gezet.
- Timing routine: een deelprogramma dat bepaalt welk event uit de event list als volgende aan de beurt komt en de simulatieklok aanpast wanneer dit gebeurt.
- Event routine: een deelprogramma dat de system state aanpast wanneer een bepaald type event plaats vindt.
- Library routine: deelprogramma's die willekeurige waarnemingen genereren.
- Report generator: een deelprogramma dat de prestatie maatstaven schat.
- Main program: het hoofdprogramma dat de voorgaande deelprogramma's gebruikt.

Dumas et al (2013) geven aan dat discrete-event modellen een eigen notatie gebruiken. BPMN modellen moeten omgevormd worden in een andere notatie. De gebruikte notatie is verschillende per softwarepakket maar volgens Tumay (1996) zijn de eigenschappen van de bouwstenen per notatie wel gelijkaardig.

System dynamics modellen zijn modellen die onder andere gesimuleerd worden in bijvoorbeeld Powersim. Deze modellen worden gebruikt om niet lineair gedrag van complexe systemen weer te geven. De hoofdgedachte achter system dynamics is het gehele systeem en niet enkel de processen van het systeem. Hoe werken de processen met elkaar, hoe beïnvloeden de processen het gehele systeem en andere processen. Specifieke details voor individuele processen zijn niet belangrijk voor system dynamics.

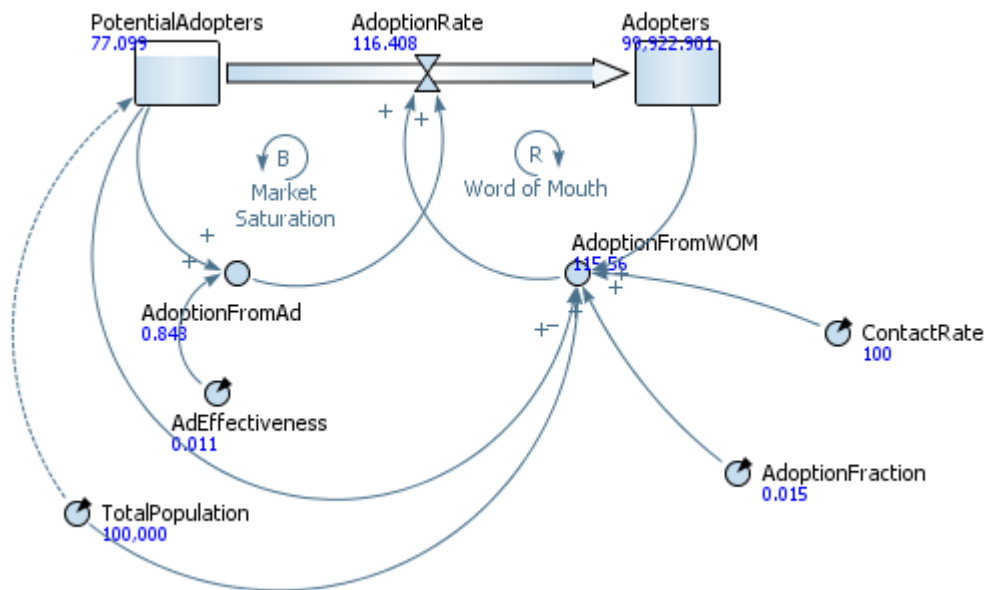
Belangrijke componenten van system dynamics zijn stocks, flows, feedback loops en time delays.

Stocks, ook level variabelen genoemd, zijn variabelen die veranderen doorheen de tijd heen. Ze neemt toe bij ingaande flows en neemt af bij uitgaande flows. Stocks kunnen dus enkel door flows veranderen. Deze variabelen stellen de processen/activiteiten voor.

Flows, ook rates genoemd, zijn variabelen die stocks aanpassen. Deze variabelen stellen factoren of acties voor die invloed kunnen hebben op het systeem.

Feedback loop, een verandering in het systeem die over een tijdsperiode heen invloed op andere processen in het systeem heeft die op hun beurt dan weer het originele proces beïnvloeden.

Time delay is een variabele die de tijdsperiode voorstelt waarna een verandering invloed heeft op het systeem.



Figuur 1: Het Bass model voorgesteld als system dynamics model in Anylogic

Net zoals bij de discrete event modellen is het mogelijk om normale business process modellen om te vormen in system dynamics modellen. Maar bij system dynamics is het niet alleen een verandering van notatie maar ook een verandering van de manier van denken over de gemodelleerde processen, er is een andere denkwijze voor nodig. Pogingen om BPS te doen met system dynamics modellen werden gedaan door onder andere An en Jeng (2005), Kuchar et al (2011) en Mcgrath (2003).

De hybrid modellen gebruiken eigenschappen van de andere modellen, zoals system dynamics, en discrete event modellen, deze hybrid modellen zijn meer flexibel dan de overige. Goldsim, Extend en Anylogic zijn voorbeelden van programma's waar deze modellen gebruikt kunnen worden. Volgens Helal (2008) kan je best hybrid modellen gebruiken wanneer beslissingen van mensen invloed kunnen hebben op het systeem of de omgeving. Een hybrid systeem kan het echte systeem in zo'n situatie beter benaderen. Een voorbeeld van een hybrid model is een model waarbij een deel van de processen weergegeven worden in een discrete event model en een ander deel van de processen wordt weergegeven in een system dynamics model.

2.1.3.2 Soorten tools

Banks (1991) geeft aan dat er vier verschillende soorten van simulatietools zijn: spreadsheets, rapid modeling tools, simulators en simulatietalen. Spreadsheets zijn de meest normale van de vier soorten. De ontwikkelingstijd van de simulatie is daarom ook zeer kort en er is weinig training nodig om deze tools te gebruiken. De output van het gebruik van spreadsheets wordt bepaald door de gebruiker zelf en zijn vaak grafieken. Spreadsheets worden best gebruikt in een statische omgeving en werken niet voor dynamische systemen.

De rapid modeling tools zijn gelijkaardig aan de spreadsheet tools, ze gebruiken een gelijkaardige interface. Daarom is de ontwikkelingstijd van een model ook kort en is er een niet te hoge graad van training vereist om de tools te gebruiken. Anders dan de spreadsheet tools kunnen rapid modeling tools beter werken met dynamische systemen maar toch niet zo goed als simulators en simulatietalen. De output van de tools zijn eerder gefocust op het creëren van rapporten, de tools dienen vooral om de prestatie van een systeem te beoordelen en gaat dus niet in detail.

De derde soort tools zijn simulators. Deze tools kunnen meer in detail simuleren in vergelijking met de vorige twee tools. Daarom is de vereiste training en ontwikkelingstijd om de tool te gebruiken ook hoger. Ook kunnen deze tools met meer dynamische systemen werken. Tussen deze tools zelf is er wel veel verschil, de eigenschappen die elke tool heeft zal af hangen van pakket tot pakket. Daarom is het mogelijk dat sommige ook kunnen programmeren om nog hogere complexe systemen te simuleren (zoals simulatietalen).

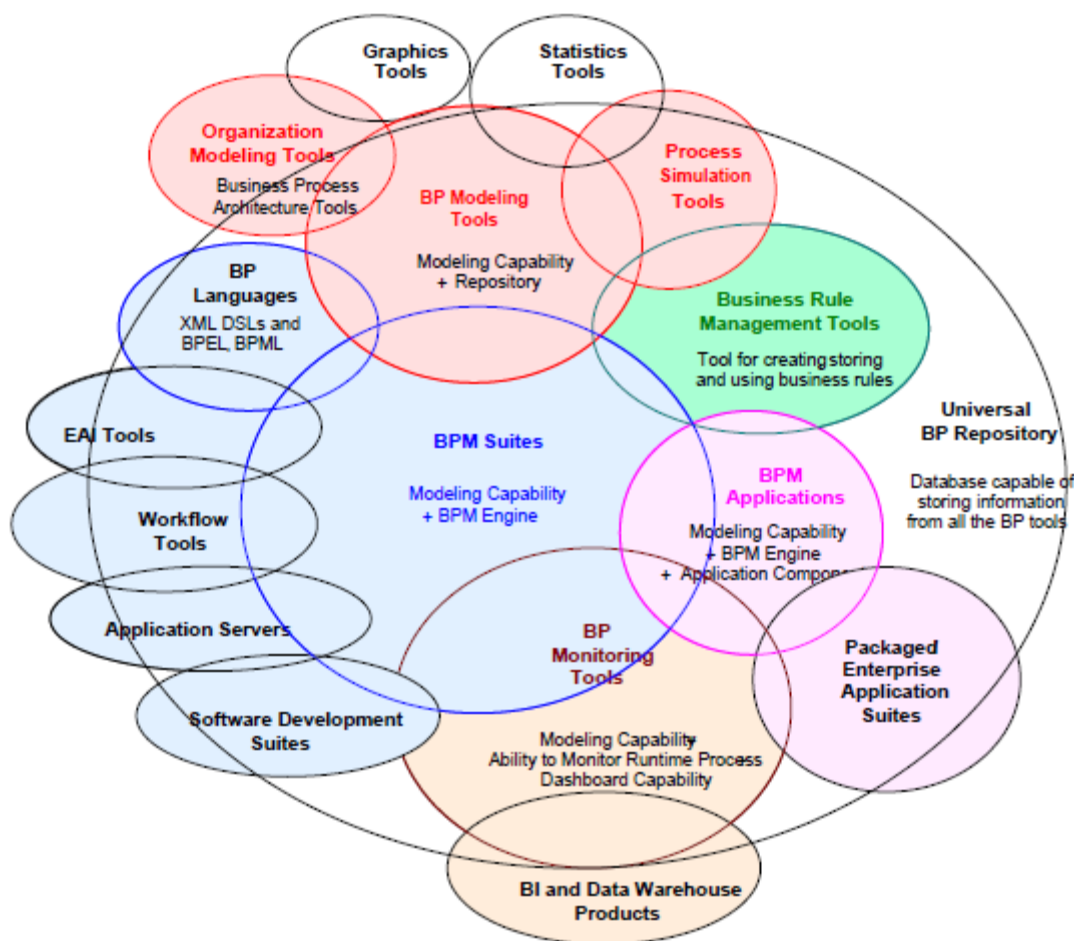
De laatste soort tool volgens Banks zijn de simulatietalen. Deze tools kunnen de meest complexe systemen simuleren. Het nadeel hiervan is dat afhankelijk van de taal er toch zeer lange trainingstijd en ontwikkelingstijd is, wat nadelig kan zijn als er snelle simulatie nodig is. Net zoals bij de simulators zijn er veel verschillende simulatietalen waardoor er tussen twee verschillende tools veel verschil kan zijn. Banks geeft dan ook aan dat, in een ander paper geschreven door Carson (1990), de laatste twee soorten tools kunnen onderverdeeld worden in vier classificaties. Namelijk: pure simulators, simulators die ook kunnen programmeren, simulatietalen die ook eigenschappen van simulators hebben en pure simulatietalen. Van de vier tools worden vooral de laatste twee tegenwoordig gebruikt, spreadsheets en rapid modeling tools worden minder gebruikt.

2.1.3.3 Softwaresuites

Bedrijfsprocessen kunnen op verschillende manieren worden weergegeven, via bijvoorbeeld BPMN of petrinetten, hierdoor zijn er dan ook verschillende programma's die elk een bepaalde soort van notatie gebruiken om op te simuleren.

Processimulatiertools zijn niet enkel bedoeld voor het simuleren van bedrijfsprocessen. Zoals te zien in figuur 1 kunnen de simulatie tools onderdeel zijn van onder andere statistiek, BPM en BRM tools. Dus bij de keuze in BPS software is het mogelijk dat er ook rekening moet gehouden worden met welke eigenschappen nodig zijn die niet per se te maken hebben met de simulatie van bedrijfsprocessen.

Van der Aalst (2013) geeft een aantal voorbeelden hiervan. Pure simulatie tools, tools die dus enkel dienen om te simuleren, zijn bijvoorbeeld Arena of Extend. Maar je hebt ook workflownet software waarbij simulatie in ingebed zit. Filenet of Cosa zijn voorbeelden hiervan. Een laatste categorie waarover Van der Aalst spreekt zijn business process modeling tools die ook kunnen simuleren zoals Protos of Aris.



Figuur 2: BPM Suites. Uit BPTrends

2.1.4 Conclusie

Business process simulatie kan dus op twee verschillende manieren gebeuren. Ten eerste via BPM suites die buiten het modeleren van bedrijfsprocessen ook functies hebben om bedrijfsprocessen te simuleren. Deze suites kunnen buiten de functionaliteiten modelleren en simuleren vaak ook nog andere zaken. En deze functionaliteiten zouden dan ook belangrijk kunnen zijn bij de keuze van een softwarepakket. Ten tweede zijn er ook meer verfijndere manieren om te simuleren, simulatie via spreadsheet, discrete event, system dynamics of hybrid modellen. Deze simulatiemodellen worden niet alleen gebruikt voor de simulatie van bedrijfsprocessen maar ook in andere sectoren. Daarom moet je bedrijfsprocessenmodel worden aangepast om deze simulaties te kunnen uitvoeren. Voor systems dynamics is dit moeilijk omdat de gedachte achter het model compleet verschillend is van de gedachte achter normale bedrijfsprocesmodellen. In deze masterproef zal er daarom voornamelijk de nadruk liggen op de simulatie met de BPM suites en discrete event simulatie. Er worden wel geen discrete event simulatiepakketten beoordeeld omdat deze al zeer vertegenwoordigd zijn in andere papers en de BPM suites veel minder. Voor de bovenstaande modellen zijn er vier soorten tools. Spreadsheet modellen worden vooral gebruikt in spreadsheet tools en rapid modeling tools. De BPM suites behoren tot de simulator tools. En de drie andere modellen kunnen in een simulator tool gebruikt worden of in een simulatietaal. Voor deze masterproef wordt er vooral gefocust op de simulator tools want voor met simulatietaalen te kunnen werken is er meer ervaring met programmeren nodig.

2.2 Evaluatiecriteria

In dit onderdeel worden de categorieën en criteria voorgesteld die werden bekomen na het bestuderen van de literatuur. In tabel 1 worden de verschillende papers weergegeven waaruit de criteria en categorieën werden afgeleid.

Paper	Auteur(s)
<i>General requirements for simulation models in waste management.</i>	Miller, I., Kossik, R., & Voss, C.
<i>A Critical Evaluation and Comparison of Four Manufacturing Simulation Softwares</i>	Gupta, A., Singh, K. & Verma, R..
<i>A critical study and comparison of manufacturing simulation softwares using analytic hierarchy process</i>	Gupta, A., Singh, K. & Verma, R..
<i>Simulation software evaluation and selection: a comprehensive framework</i>	Gupta, A., Singh, K. & Verma, R..
<i>Development of open source evaluation criteria software for selection of simulation tools used by automobile manufacturers in North India</i>	Gupta, A.
<i>Evaluating and selecting software packages: A review.</i>	Jadhav, A. S., & Sonar, R. M.
<i>Selecting simulation software</i>	Banks, J.
<i>Criteria for the Evaluation of Business Process Simulation Tools</i>	Bosilj-Vuksic, V., Ceric, V. C., & Hlupic, V.
<i>Simulation modelling software approaches to manufacturing problems.</i>	Hlupic, V.
<i>Criteria for simulation software evaluation</i>	Nikoukaran, J., Hlupic, V., & Paul, R. J.
<i>A hierarchical framework for evaluating simulation software</i>	Nikoukaran, J., Hlupic, V., & Paul, R. J.
<i>An evaluation and selection methodology for discrete-event simulation software.</i>	Bardonnet, G., Tewoldeberhan, T. W., Verbraeck, A., Valentin, E.
<i>Business process simulation—a tool survey</i>	Jansen-Vullers, M., & Netjes, M.
<i>Proces simulatie software: een vergelijkende studie.</i>	Beerten, P.

Tabel 1: Lijst papers criteria

De criteria die in categorieën werden gestoken kregen een duidelijke beschrijving. Zo is het duidelijk voor iemand die het framework gebruikt wat elk criteria betekent. Want in de gelezen papers is er geen enkele paper waarin per criteria duidelijk wordt beschreven wat er mee bedoeld wordt. De beschrijving van elk criterium werd bekomen door het lezen van de papers en indien nodig onderzoek op het internet wat het criterium precies zou kunnen betekenen.

Er zijn 2 soorten criteria, criteria die eigenschappen van de software een score toekennen (subjectief) en criteria die aangeven of de software bepaalde eigenschappen heeft (objectief). De objectieve criteria zullen eigenschappen genoemd worden en de subjectieve criteria zullen ratings genoemd worden. De eigenschappen zijn dus eigenlijk binaire criteria, je hebt deze eigenschap wel of niet. De ratings criteria zijn criteria met scores tegen een schaal.

2.2.1 Categorie 1: Invoer

De eerste categorie zal 'Invoer' genoemd worden. Deze categorie probeert de invoer van bestanden en de Grafical User Interface te beoordelen. Gelijkaardige benamingen voor een categorie werden gebruikt door Banks(1991) (Input Features) en door Hlupic et al (1998 en 1999) als subcategorie 'Input' voor de categorie 'Model and Input'. Gupta et al (2008, 2009 en 2010), Hlupic et al (2007) en Hlupic (1993) gebruikten een categorie waarbij de invoer en uitvoer criteria samen werden gestoken. Er werden geen criteria met betrekking tot invoer door Jansen-Vullers en M. Netjes (2006) en Beerten (2012) gebruikt.

Niet al de criteria uit de verschillende papers werden toegevoegd. In de oudere papers, zoals bij Hlupic (1993) werden criteria gebruikt die voor software momenteel als normaal worden beschouwd, zoals bijvoorbeeld het gebruik van dialoogvensters of het menutype (met muis en/of met selectieknoppen) of de aanwezigheid van een menu. Eigenschappen die niet van toepassing zijn voor simulatie van bedrijfsprocessen, zoals de mogelijkheid om met AutoCad te werken werden ook weggelaten. Criteria in verband met de samenwerking met andere software, deze werden door Bardonnnet et al (2002) geplaatst onder de input categorie, zullen in een aparte categorie worden geplaatst.

Eigenschappen:

- Meerdere invoer: Is het mogelijk om voor een project meerdere invoer files te hebben?
- Input: Kunnen de gewenste bestanden worden ingevoerd? Dit kunnen bpmn 2.0, petrinet, ... bestanden zijn
- Onbewerkte gegevens: Kan de software werken met raw data als invoer?
- Overdraagbaarheid: Kan een bestand uit de software op andere computers die dezelfde software draaien worden gebruikt?
- Groep invoer: Kunnen er meerdere bestanden op hetzelfde moment worden ingevoerd?
- Aanpassing interface: Is het mogelijk om de interface naar persoonlijke voorkeur aan te passen?

Rating:

- GUI: Hoe goed ziet de GUI eruit? Score van zeer lelijk tot zeer mooi.
- Gebruik GUI: Hoe gemakkelijk is de GUI om te gebruiken. Score van zeer moeilijk tot zeer gemakkelijk.

2.2.2 Categorie 2: Uitvoer

De tweede categorie zal de naam 'Uitvoer' krijgen. Deze categorie werd in elke paper gebruikt. Ofwel in combinatie met de 'Invoer' categorie ofwel als aparte categorie. In de papers bestaat deze categorie uit twee facetten. Enerzijds bevat het criteria met betrekking tot de resultaten/uitvoer van het programma zelf. Dit kan gaan van rapporten over de simulatie tot grafieken of afbeeldingen met betrekking tot de simulatie. Anderzijds kan het criteria bevatten die te maken hebben met de samenwerking van de software of output met andere programma's. Deze criteria werden onder output gevonden bij Hlupic et al (1998 en 1999) en Bardonnnet et al (2002). Ze zullen niet in de output categorie geplaatst worden maar wel in een aparte categorie.

Alle papers gebruikten criteria in verband met rapporten, deze werden allemaal toegevoegd om alle rapporten te bevatten die mogelijk vereist zouden zijn. Elke specifieke eigenschap voor elk afzonderlijk rapport is niet belangrijk in deze context. Hlupic et al (1998 en 1999) hielden verschillende criteria bij die beschreven wat een statistiek rapport zou kunnen bevatten. Maar dit is te zeer in detail en niet noodzakelijk voor de evaluatie van een programma.

Eigenschappen:

- Rapporten: Heeft de software opties om rapporten te generen?
- Zelf gecreëerde rapport: Is het mogelijk om zelf een rapport te creëren met de software?
- Meerdere output: kan een project meer dan één (soort) uitvoer genereren? Bijvoorbeeld: het model als afbeelding of als ander type model.
- Simulatierapport: Is het mogelijk om na elke simulatierun een rapport te generen?
- Taak tijdlijn: Voorziet de software een rapport dat een tijdlijn van de taken weergeeft?
- Taak uitvoering: Voorziet de software van een rapport dat een overzicht geeft van de uitgevoerde taken?
- Transformatierapporten: Kunnen rapporten omgevormd worden in andere type van bestand?
- Overzichtsrapport: Is het mogelijk om een rapport van meerdere runs te generen?
- Tijdelijke inzameling data: Is het mogelijk om op vooropgestelde tijdstippen automatisch een data rapport op te stellen?
- Grafieken: Is het mogelijk om grafieken te genereren?
- Rapportbestand: Kunnen rapporten in een apart bestand worden opgeslagen?
- What if analyse rapport: Is het mogelijk om een rapport van de what-if analyse te maken? (Dus van verschillende scenario's.)
- Besluitvorming rapport: Is het mogelijk om een rapport te creëren dat kan helpen met de besluitvorming?

- Trace rapport: Is het mogelijk om een rapport te generen dat voor al de gesimuleerde traces de status van de events en transitie weer geeft?
- Statistiek rapport: Is het mogelijk om een statistisch rapport te genereren.
- Rapport tijdens simulatierun: Kan de software een tijdelijk rapport generen terwijl de simulatie nog bezig is?
- Print rapport: Is het mogelijk om een rapport vanuit de software rechtstreek uit te printen?
- Bijhouden rapport: Kunnen rapporten worden opgeslagen of zijn ze slechts zichtbaar in de software?

Rating:

- Rapporten: Geeft een score aan de rapporten die gemaakt worden door de software. Score van zeer slecht tot zeer goed.
- Zelf gecreëerde rapport: Geeft een score aan de opties om zelf rapporten te creëren. Score van zeer slecht tot zeer goed.
- Grafieken: Geeft een score aan de beschikbare grafieken. Score van zeer slecht tot zeer goed.

2.2.3 Categorie 3: Financiële Eigenschappen

De derde categorie wordt 'Financiële eigenschappen' genoemd. Deze categorie wordt gebruikt in Gupta et al (2008), Hlupic et al (2007) en Hlupic (1993) als 'Financial and technical features'. Bij Gupta et al (2008) bevat de categorie buiten criteria in verband met het financiële ook criteria die meer te maken hebben met algemene eigenschappen (zoals bijvoorbeeld ease of installation) en criteria die te maken hebben met de support ('frequency of update/upgrade'). Ook bij Hlupic et al (2007) bevat de categorie ook criteria die eerder te maken hebben met support. Jadhav et al (2009) daarentegen gebruikt een afzonderlijke categorie 'Costs and benefits'.

Alle soorten kosten en mogelijke eigenschappen gerelateerd aan kosten uit de papers zijn toegevoegd. Maar voor de niet binaire criteria, de criteria die een specifiek bedrag per kost voorstellen, kunnen deze ook samen gestoken worden als een enkele totale kost. Enkel Bardonnnet et al (2002) en Beerten (2012) gebruikten een totale kost als criterium.

Eigenschappen:

- Gratis technische support: Is er gratis technische support inbegrepen bij de software?
- Gratis software: Zijn er gratis software beschikbaar?
- Gratis Software Trial: Wordt er een gratis trial voorzien?
- Onderwijskorting: Is er korting voor gebruik in het onderwijs?
- Hoeveelheidskorting: Is er een korting naargelang de hoeveelheid van licenties die worden aangekocht?
- Freeware: Is de software gratis beschikbaar?

Criteria:

- Onderhoudskosten
- Trainingskosten
- Softwarekosten
- Installatiekosten
- Hardware-kosten
- Upgrade-kosten
- Advieskosten
- Onderwijskorting
- Hoeveelheidskorting
- Totale kost

2.2.4 Categorie 4: Modellerings eigenschappen

De vierde categorie is de categorie die criteria bevat in verband met het modelleren. Deze categorie zal 'Modellerings eigenschappen' genoemd worden. Gupta et al (2008, 2009 en 2010), Hlupic et al (2007) en Hlupic (1993) gebruikten de categorie 'Modelling capabilities' met als subcategoriën 'General features' en 'Modeling assistance'. Jansen-vullers en Netjes (2006), Hlupic et al (1998 en 1999) en Beerten (2012) gebruikten slechts één categorie gefocust op modelleren. Daarnaast hadden Jadhav et al (2009), Banks (1991) en Bardonnnet et al (2002) geen criteria in verband met modellering omdat hun papers over software evaluatie gingen en niet over BPS software evaluatie.

Niet al de criteria uit de papers werden toegevoegd. Zo hadden Hlupic (1993) en Hlupic et al (1998 en 1999) een aantal verouderde criteria, zoals het gebruik van muis en keyboard om te modelleren. En Gupta et al (2008, 2009 en 2010) gebruikten een aantal criteria die niet thuis horen bij business process simulatie, maar eerder bij industriële/manufacturing simulatie, zoals bijvoorbeeld het gebruik van 3D modellen. Ook bevatten de modellering categorieën van Hlupic et al (2007) en Hlupic (1993) enkele support criteria. Deze zullen in een aparte categorie worden gestoken.

Eigenschappen:

- Knippen/kopiëren/plakken: Is het mogelijk om bij het modeleren objecten te knippen/kopiëren/plakken?
- Templates: Zijn er templates beschikbaar die helpen bij het modeleren?
- Zelfgemaakte en herbruikbare elementen: Is het mogelijk om zelf elementen te creëren en deze op te slaan om ze opnieuw te gebruiken voor toekomstige modellen?
- Bubble help: Is er bubble help beschikbaar in de software? Dit is een tekstballon met hulp in wanneer je de muis ergens over houdt.
- Undo/redo: Is het mogelijk om een actie ongedaan te maken of om een actie opnieuw uit te voeren?
- Commentaar: Is het mogelijk om commentaar bij het model te zetten?
- Foutmeldingen: Worden er berichten weergegeven als er fouten bij het modelleren worden begaan?
- Scenario: Is het mogelijk om scenariogegevens te creëren tijdens het modeleren.
- Type modellering: Kan het gewenste soort model worden gecreëerd met de software? Bijvoorbeeld: BPM 2.0, colored petrinet, petrinet, discrete event model,...
- Formal logic: Is het mogelijk om regels op te stellen die voor het model moet gelden?
- Prompting: Worden er hulpberichten getoond tijdens het modeleren?
- Automatische aanpassing data: Kan de data achter het model automatisch door de software worden aangepast bij veranderingen aan het model?

- Automatische modellen: Kan de software aan de hand van ingegeven data automatisch een model bouwen?
- Aanpassen model: Is het mogelijk om een model zonder te veel moeite aan te passen?
- Generieke modellen: Zijn er generieke modellen beschikbaar?
- Meerdere modellen: Is het mogelijk om verschillende modellen in een model of werkblad samen te voegen?
- Workflow patterns: Is het mogelijk om workflow patterns te modelleren?
- Controle model: Is het mogelijk om in de software zelf het model te controleren?

Rating:

- Gebruikersgemak: Hoe gemakkelijk is het om een model te creëren? Score van zeer moeilijk tot zeer gemakkelijk.
- Leergemak: Hoe gemakkelijk is het om de software te leren gebruiken om te modelleren? Score van zeer moeilijk tot zeer gemakkelijk.
- Templates: Geeft een score aan de kwaliteit van de beschikbare templates. Score van zeer slecht tot zeer goed.
- Bibliotheek van bouwstenen: Geeft een score aan de bibliotheek van bouwstenen beschikbaar om modellen te creëren. Score van zeer slecht tot zeer goed.
- Vereiste kennis: Is er veel voorgaande kennis in het modelleren nodig om de software te kunnen gebruiken? Score van zeer veel tot zeer weinig.

2.2.5 Categorie 5: Verkoper

De vijfde categorie wordt 'Verkoper' genoemd. Deze categorie heeft te maken met de reputatie van de verkoper van de software en de andere software die het aanbiedt. Gupta et al (2008), Hlupic et al (2007), Jadhav et al (2009) en Hlupic (1993) gebruikten de categorie 'Pedigree' om deze criteria te bevatten. Terwijl Jadhav et al (2009), Hlupic et al (1998 en 1999) en Bardonnnet et al (2002) de benaming 'Vendor' gebruikten. Beerten (2012) daarentegen gebruikte de subcategorie 'Imago' onder de categorie 'Algemene eigenschappen'.

Buiten de criteria in verband met de verkoper bevatten de categorieën van Jadhav et al (2009), Hlupic et al (1998 en 1999) en Bardonnnet et al (2002) ook criteria in verband met support. Deze zullen aan een aparte categorie worden toegevoegd.

Rating:

- Software verkoop: Aantal verkochte exemplaren van de software.
- Tijd in de markt: Hoe lang zit de verkoper al in de simulatiesoftware markt?
- Leeftijd software: Hoe lang is de software al beschikbaar op de simulatiesoftware markt?
- Marktaandeel: Hoe groot is het marktaandeel van de software op de markt?
- Aantal referenties: Hoeveel bedrijven/personen raden de software aan?
- Technische en zakelijke vaardigheden: Heeft de verkoper goede technische en zakelijke vaardigheden?
- Reputatie: Heeft de verkoper van de software een goede reputatie?
- Reputatie software: Heeft de software een goede reputatie?
- Reputatie andere producten: Is de reputatie van de andere producten van de software aanbieder ook goed?
- Informatie softwarepakket: Is er genoeg informatie beschikbaar over het softwarepakket?

2.2.6 Categorie 6: Support

De zesde categorie is de categorie 'Support'. Deze categorie bevat criteria die handelen over de support die er al dan niet is voor de software. Gupta et al (2008, 2009 en 2010), Hlupic et al (2007), Hlupic (1993) en Beerten (2012) hadden een eigen categorie voor de support criteria. Bij de andere papers waren deze criteria over meerdere categorieën verspreid.

Eigenschappen:

- Training: Is er training voor de software beschikbaar?
- Tutorial: Is er een tutorial beschikbaar bij de software?
- Run-time hulp: Is er run-time hulp beschikbaar?
- Software onderhoud: Worden er updates voor de software uitgebracht?
- Update: Wordt er op zijn minst halfjaarlijks updates voor de software vrij gegeven?
- Update notes: Worden er bij elke update update notes beschikbaar gesteld?
- Upgrade: Krijgt de software om de paar jaar een upgrade?
- Web support: Is er een mogelijkheid tot support via het web beschikbaar?
- Troubleshooting support: Is er support beschikbaar voor fouten of problemen in de software zelf?
- Telefoon support: Is er support beschikbaar over de telefoon?
- Demo modellen: Zijn er voorbeeldmodellen beschikbaar?
- Gebruikersgroepmeetings: Zijn er jaarlijkse gebruikersgroep meetings?
- Discussiegroepen: Zijn er discussiegroepen beschikbaar op het internet?
- Community website: Is er een community website voor de software gebruikers?
- Handleiding: Is er een handleiding beschikbaar voor de software?
- Documentatie: Is er documentatie buiten de handleiding en tutorial beschikbaar?
- Consultatie: Kan het bedrijf gecontacteerd worden om advies te vragen.
- Nieuwsbrief: Wordt er regelmatig een nieuwsbrief gepost?
- Demonstratie ter plaatse: Is het mogelijk om in je eigen bedrijf een demonstratie van de software te laten plaats vinden?
- Voorbeelddata: Is er voorbeelddata beschikbaar?
- Introductie tot simulatie: Is er documentatie beschikbaar die helpt bij de introductie tot simulatie?
- Index: Is er een index over de software beschikbaar?

Rating:

- Kwaliteit handleiding: Geeft een score aan de kwaliteit van de handleiding geleverd bij de software. Score van zeer slecht tot zeer goed.
- Kwaliteit tutorial: Geeft een score aan de kwaliteit van de tutorial. Score van zeer slecht tot zeer goed.
- Kwaliteit documenten: Geeft een score aan de kwaliteit van de beschikbare documenten. Score van zeer slecht tot zeer goed.
- Communicatie: Hoe verloopt de communicatie met de verkoper/de support? Score van zeer slecht tot zeer goed.
- Reactietijd: Gemiddelde tijd voordat de support reageert op een support ticket.
- Support: Geeft een score aan de kwaliteit van de geleverde support. Score van zeer slecht tot zeer goed.

2.2.7 Categorie 7: Simulatie-eigenschappen

De zevende categorie van criteria bevat criteria die de simulatie van de software beoordelen. De simulatie criteria werden door Gupta et al (2008, 2009 en 2010), Hlupic et al (2007) en Hlupic (1993) verdeeld in vijf subcategorieën en door Hlupic et al (1998 en 1999) en Bardonnnet et al (2002) in drie subcategorieën. De criteria werden in een categorie gestoken omdat als er gefocust wordt op de evaluatie van BPS programma's, het beter is om naar de gehele simulatie te kijken. Enkel als het doel in detail de evaluatie van simuleren is, is het nuttig om deze op te delen in meerdere groepen.

Niet alle criteria werden toegevoegd. Zo gebruikten Hlupic et al (1998 en 1999) criteria die eerder horen bij industriële of manufacturing simulatie.

Eigenschappen:

- Simuleren: Kan de software simuleren?
- Hot Spot evaluator: Is er een hot spot evaluator beschikbaar? Deze geeft aan waar in het model de gebruiker moet focussen om de grootste verbeteringen te bekomen.
- Customization: Kunnen de modellen naar persoonlijke voorkeur aangepast worden?
- Playback modus: Zitten er in de software pauze, play, stop, vooruit knop om de simulaties af te spelen?
- Klok: Wordt er tijdens de simulatie een klok weergegeven?
- Zoomfunctie: Is er een zoomfunctie beschikbaar om op delen van het model in te zoomen?
- Iconen aanpassen: Is het mogelijk om de iconen van grootte aan te passen?
- Zelfgecreëerde paden: Is het mogelijk om zelf het pad te creëren?
- Zelfgecreëerde bouwstenen: Is het mogelijk om zelf het uitzicht van de bouwstenen aan te passen?
- Meerdere schermen: Is het mogelijk om meerdere simulatieschermen op hetzelfde moment te hebben open staan?
- Status: Wordt de status van een element weergegeven met veranderende kleuren?
- Verandering iconen: Kunnen de iconen veranderen tijdens de simulatie?
- Beveiligde modellen: Is het mogelijk om een model te beveiligen
- Multitasking: Is het mogelijk om meerdere simulaties tegelijk uit te voeren?
- Herbruikbaarheid simulaties: Is het mogelijk om de modellen die voortkomen uit simulaties voor toekomstige simulaties opnieuw te gebruiken?
- Model status: Wordt tijdens de simulatie de status van het model weergegeven?
- Alarm: Is er een alarm beschikbaar dat geluid afspeelt of een bericht weer geeft tijdens de simulatie?

- Syntaxis check: Wordt de syntaxis automatisch getest door de software?
- Lijst van gebruikte objecten: Is het mogelijk om een lijst op te vragen van de gebruikte objecten in een model?
- Lijst van attributen: Is het mogelijk om een lijst op te vragen van al de gebruikte attributen in een model?
- Lijst van variabelen: Is het mogelijk om een lijst op te vragen van al de gebruikte variabelen in een model?
- Run-length: Is het mogelijk om de tijdsduur simulatierun op voorhand te bepalen?
- Veranderbare simulatiesnelheid: Is het mogelijk om de simulatiesnelheid aan te passen?
- Logic check: Zijn er checks beschikbaar die kijken of er geen logische fouten worden ingegeven?
- Achterwaartse simulatie: Is het mogelijk om de simulatie achterwaarts af te spelen om zo je simulatie te debuggen?
- Zoeken en vervangen: Is het mogelijk om een object te zoeken en meteen te vervangen?
- Pauze: Is het mogelijk om de simulatie te pauzeren?
- Trace: Is het mogelijk om de trace van de simulatie weer te geven?
- Fouten alvorens simulatie: Worden fouten in het model opgespoord voor het uitvoeren van de simulatie?
- Fouten tijdens simulatie: Worden fouten in het model opgespoord tijdens het uitvoeren van de simulatie?
- Fouten na simulatie: Worden fouten in het model opgespoord na het uitvoeren van de simulatie?
- Interactieve foutenoplossing: Is het mogelijk om op een interactieve manier fouten van het model of de simulatie op te lossen?
- Stapfuncties: Is het mogelijk om stapfuncties te gebruiken bij het simuleren?
- Onjuiste invoer: Wordt er gewaarschuwd als er een onjuist bestand wordt ingevoerd?
- Accuracy check: Is het mogelijk om de accuraatheid van een simulatie te meten met de software?
- Getimedede scripts: Is het mogelijk om op vooraf bepaalde tijdstippen een script te laten afspelen?
- Herstarten met een niet lege status: Is het mogelijk om de simulatie te starten met een niet lege status?
- Stapsgewijze simulatie: Is het mogelijk om een stapsgewijze simulatie uit te voeren met de software?
- Stoppunten: Is het mogelijk om stoppunten in te stellen die de simulatie stoppen als hun conditie bereikt is?
- Shifts: Is het mogelijk om voor de resources in het simulatiemodel de werkshifts voor op te geven?
- Data analyse van de uitvoer: Is het mogelijk om een data analyse op de uitvoer te doen?

- Seeds kiezen: Kan de gebruiker bij het generen van random getallen zelf de seeds kiezen?
- Goodness-of-fit test: Zijn er goodness-of-fit testen beschikbaar?
- Animatie: Is animatie mogelijk met de software?
- Wachtrij: Is simulatie van wachtrijen beschikbaar?
- Foutberichten: Worden er foutberichten weer gegeven als er iets mis loopt tijdens een simulatierun?
- Zelf gecreëerde verdelingen: Is het mogelijk om zelf verdelingen te creëren in de software?
- Betrouwbaarheidsintervallen: Kunnen betrouwbaarheidsintervallen worden ingesteld?
- Export animatie: Is het mogelijk om de animatie op te slaan in andere bestanden die afspeelbaar zijn buiten de software?
- Automatisch save: Bestaat er een optie om een simulatie automatisch op bepaalde momenten op te slaan?
- Her-initialiseren: Is het mogelijk om het model te her-initialiseren zonder de simulatie te stoppen?
- Limieten: Vallen de limieten van het simuleren binnen de grenzen van wat de gebruiker nodig heeft? (model grootte, aantal elementen in een model, aantal iconen,..)
- Reset: Is het mogelijk om een simulatierun te resetten?
- Interactive met de gebruiker: Is er interactie met de gebruiker mogelijk tijdens een simulatierun of maakt de software zelf de beslissingen?

Rating:

- Betrouwbaarheid: Geeft een score aan de betrouwbaarheid van de door de software gemaakte simulaties. Score van zeer slecht tot zeer goed.
- Animatie: Geeft een score aan de kwaliteit van de animatie. Score van zeer slecht tot zeer goed.
- Simulatie: Geeft in score over de mogelijkheid tot simuleren. Score van zeer slecht tot zeer goed.

2.2.8 Categorie 8: Programmeren

De achtste categorie zal 'Programmeren' heten. Haast al de papers gebruikten een categorie 'Coding aspects' om deze criteria te bevatten.

Voor deze categorie is er niet al te diep in detail gegaan. Zo gebruikte Hlupic (1993) bijvoorbeeld een hele reeks aan criteria die elke element over programmeren omvatte.

Eigenschappen:

- Programmeren: Kan de software programmeren?
- Logic Builder: Is er een logic builder voor statements en expressions aanwezig?
- Ingebouwde functies: Zijn er ingebouwde functies?
- Macro en arrays: Is het mogelijk om macro's of arrays aan te maken?
- Globale variabelen: Is er een mogelijkheid om globale variabelen toe te wijzen?
- Toegang tot de source code: Is het mogelijk om de broncode van de software te zien?
- Attributen: Kunnen voor het programmeren attributen worden gebruikt?

Rating:

- Kwaliteit programmeren: De algemene kwaliteit van het programmeren in de software. Score van zeer laag tot zeer hoog.
- Ingebouwde functies: Geeft een score aan de kwaliteit van de ingebouwde functies in de software. Score van zeer laag tot zeer hoog.
- Snippet codes: Geeft de kwaliteit van de beschikbare snippet codes weer. Score van zeer laag tot zeer hoog.
- Programmeer interface: Is de interface gemakkelijk te gebruiken? Score van zeer moeilijk tot zeer gemakkelijk.
- Flexibiliteit programmeren: Geeft een score voor het aantal bruikbare programmeertalen. Score van zeer weinig tot zeer veel.
- Kwaliteit tools: Geeft een score aan de verschillende programmeertools die er beschikbaar zijn in de software. Score van zeer laag tot zeer hoog.

2.2.9 Categorie 9: Samenwerking Andere Software

De voorlaatste categorie 'Samenwerking Andere Software' bevat criteria om aan te geven met welke andere software het geëvalueerde programma zou kunnen samenwerken. Gupta et al (2008, 2009 en 2010), Hlupic et al (2007) en Hlupic (1993) gebruikten de naam 'Software Compatibility'.

Een zo breed mogelijk aantal criteria werd uit de papers toegevoegd om zo alle mogelijkheden tot samenwerking te kunnen bevatten.

Eigenschappen:

- Spreadsheets: Kan de software samenwerken met spreadsheet programma's?
- Statistiek: Kan de software met statistische programma's samenwerken?
- DBMS: Kan de software samenwerken met Database management systems?
- MRP: Kan de software samenwerken met Manufacturing requirements planning software?
- Scheduling: Kan de software samenwerken met scheduling software of scheduling algoritmen?
- Legacy systemen: Kan de software met oudere applicaties samenwerken?
- WFM: Kan de software met WFM software samenwerken?
- BAM: Kan de software met BAM software samenwerken?
- Tekstverwerkers: Kan de software samenwerken met tekstverwerkers zoals Word?
- Expertsystemen: Kan de software samenwerken met expert systemen?
- BPS: Kan de software samen werken met andere simulatie tools?

2.2.10 Categorie 10: Algemene Eigenschappen

De laatste categorie bevat eigenschappen die niet in een ander specifieke categorie konden gestoken worden. Hlupic et al (1998 en 1999) en Bardonnnet et al (2002) gebruikten hiervoor de categorie 'User' terwijl de andere papers deze criteria over verschillende categorieën hadden verspreid.

Eigenschappen:

- Installatie: Is de software gemakkelijk te installeren?
- Netwerk gebruik: Kan de software over een netwerk worden gebruikt?
- Besturingssysteem: Draait de software op het gewenste besturingssysteem? Dit kan bijvoorbeeld Windows, Mac OS en Unix zijn.
- Add-ons: Zijn er add-ons voor de software beschikbaar?
- Professionele mening: is de mening uit professionele bronnen over het algemeen positief?

Rating:

- Gebruiksgemak: Is de software gemakkelijk te gebruiken?
- Vereiste kennis: Is er veel kennis over modelleren en simulatie nodig om met de software te kunnen werken?

2.3 Evaluatietechniek

2.3.1 Vergelijking BPS Software

De lijst van papers die daadwerkelijk ook (BPS) software vergelijken is kort. De meeste papers rond het huidige onderwerp stellen wel een lijst van criteria voor maar deze worden dan niet toegepast om verschillende softwarepakketten te vergelijken.

Titel	Auteur(s)	Software	Aantal criteria	Evaluatietechniek
A critical evaluation and comparison of four manufacturing simulations softwares.	Gupta, Singh, Verma	Promodel AutoMod HyperMesh ProcessModel	176	Evaluated Value per categorie Rating
A critical study and comparison of manufacturing simulation softwares using AHP.	Gupta, Singh, Verma	NX Ideas Star-CD Micro Saint Sharp ProModel	176	Evaluated Value per categorie Rating Analytic Hierarchy Process
Business Process Simulation - A Tool Survey	Jansen-Vullers, Netjes	Protos Aris Flower FileNet Arena CPNTools	13	Rating (Good/neutral/bad)
Simulation Modelling Software Approaches to Manufacturing Problems	Hlupic	Witness Simfactory Xcell ProModel	234	Rating per categorie (1-10) Analytic Hierarchy Process Maximal Deviation
Proces simulatie software: een vergelijkende studie	Beerten	Aris Adonnis	29	Gelijk gewicht per categorie Rating(0-2)

Tabel 2: Papers vergelijken van software

Beide papers van Gupta et al. gebruiken dezelfde lijst van 176 criteria om 4 verschillende software te vergelijken. Eerst wordt er een rating gegeven aan elk criteria waarna op basis van de rating een Evaluated value voor elke categorie wordt berekend. In de tweede paper wordt er verder ook nog de Analytical Hierachy Process methode op toegepast. In de overige 3 papers worden verschillende manieren gebruikt om tot een rating te komen. Jansen-Vullers en Netjes geven aan elk criteria een rating die gaat van goed (++) naar neutraal (+/*) naar slecht (--) en geeft geen afzonderlijke rating per categorie.

Hlupic gebruikt echter enkel een rating van 1 tot 10 per categorie en niet per criteria. Om de software te vergelijken gebruikt Hlupic als evaluatietechniek maximal deviation en de Analytic Hierarchy Process methode. Beerten gebruikt voor elk criteria een score van 0 tot 2 en telt deze op om tot een score per categorie te komen. De uiteindelijke score van elke categorie wordt dan aangepast op het gewicht per categorie, die Beerten zelf aan elke categorie gaf. Alle categorieën hadden een gelijk gewicht ten opzichte van de uiteindelijke score.

Bij het maken van een framework om simulatiesoftware te vergelijken zal het dus belangrijk zijn om te bepalen hoe de rating per criteria, de rating per categorie en de vergelijking zelf moet gebeuren.

2.3.2 Evaluatietechnieken

Jadhav en Sonar (2009) geven aan dat de vereiste techniek nodig om software te evalueren een multicriteria-analyse techniek moet zijn, want er moet een beslissing gemaakt worden welke software de voorkeur krijgt over verschillende alternatieven op basis van verschillende criteria.

Gupta et al (2009) gebruiken voor hun smart sim selector, een programma met een lijst van simulatiesoftware die de gebruiker moet helpen bij het kiezen van simulatiesoftware, 3 verschillende soorten evaluatiemethoden. Namelijk de Analytic Hierarchy Process methode, Weighted score method en TOPSIS (Technique of Order Preference by Similarity to Ideal Solution).

AHP

De Analytic Hierarchy Process methode werkt met een hiërarchisch kader van criteria. Het hoogste niveau van de methode is het doel, ofwel de reden van selectieproces. Onder het doel bevinden zich de criteria, waaraan de te maken keuze ten minste moet aan voldoen om het doel te bereiken. Dit niveau kan nog verder onderverdeeld zijn in subniveaus. Toegepast op deze masterproef zou het hoogste criterianiveau de categorieën zijn en een subniveau de criteria zelf. Het laagste niveau in de hiërarchie zijn de alternatieven die geanalyseerd worden, voor de masterproef zijn dat de simulatieprogramma's. Het alternatief dat het beste voldoet aan de criteria is de beste keuze.

Volgens Saaty (2008) verloopt het proces volgens de volgende stappen:

1. Bepaal het probleem en de kennis vereist.
2. Modeleer het probleem als een hiërarchie die het doel, de alternatieven om het doel te bereiken en de criteria om de alternatieven te beoordelen bevat.
3. Creëer een set van pairwise comparison matrices. Elk hoger niveau wordt gebruikt om bijhorende elementen uit een lager niveau met elkaar te vergelijken. Dit gebeurt met de schaal uit tabel 3.

Intensity of importance	Definition	Explanation
1	Equal importance	Two activities contribute equally to the objective
2	Weak or slight	
3	Moderate importance	Experience and judgement slightly favour one activity over another
4	Moderate plus	
5	Strong importance	Experience and judgement strongly favour one activity over another
6	Strong plus	
7	Very strong or demonstrated importance	An activity is favoured very strongly over another; its dominance demonstrated in practice
8	Very, very strong	
9	Extreme importance	The evidence favouring one activity over another is of the highest possible order of affirmation

Tabel 3: Intensity of importance levels

De alternatieven worden onderling tegen een criteria vergeleken in matrices. Zo is een alternatief ten aanzien van een bepaald criterium veel belangrijker dan een ander alternatief omdat deze beter scoort tegen dit criterium, hoe groter het verschil hoe hoger de score van intensity of importance. En de criteria worden ook onderling met elkaar vergeleken. Misschien vindt de gebruiker van de AHP techniek het ene criterium belangrijker dan de andere, deze zal dan een hoger score van intensity of importance krijgen.

4. Gebruik de gewichten die bekomen zijn uit deze matrices om een eindscore te geven aan elk alternatief.

Deze stappen zijn gebaseerd op 3 principes (Jadhav en Sonar (2009,2011), Kaur en Singh (2014))

1. Het decompositie principe: het weergeven van het probleem via een hiërarchisch kader.
2. "Comparative judgements": het vergelijken van de alternatieven en de (sub) criteria met elkaar binnen hun niveau in de hiërarchie.
3. "Synthesis of priorities": alle waarden voor elk alternatief optellen om een ranking tussen de alternatieven te bekomen.

Om tot een beter begrip van de techniek te komen zal de techniek nu op een simpel voorbeeld worden toegepast:

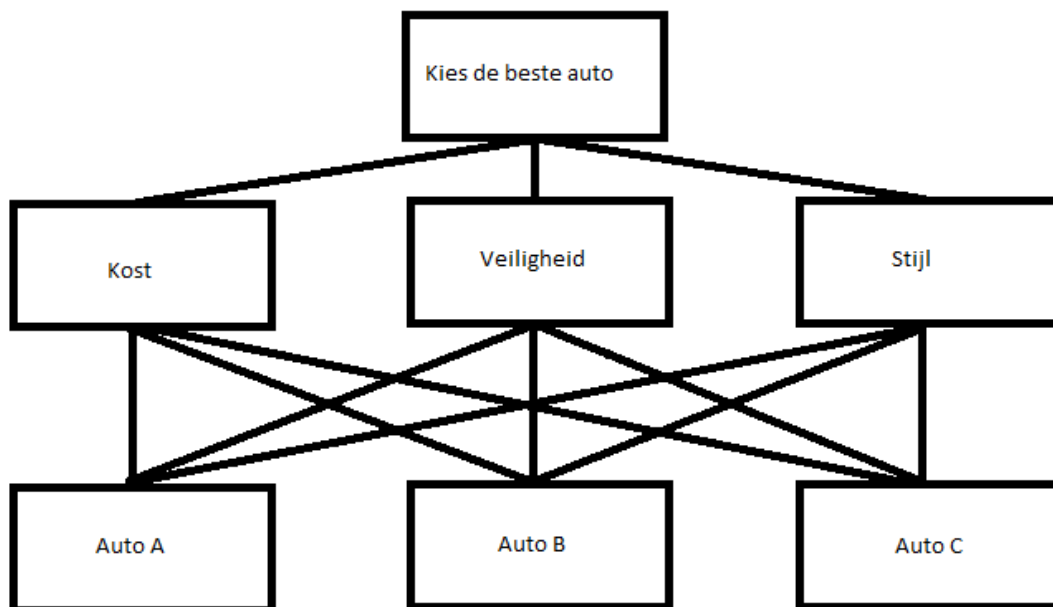
1. Stel, een koppel wil een nieuwe auto aankopen. Het koppel wilt drie auto's beoordelen op drie criteria: kost, veiligheid en uiterlijk. Over het algemeen vinden ze de veiligheid van de auto het belangrijkste kenmerk en de kost van de auto belangrijker dan het uiterlijk van de auto. In onderstaande tabel worden de gegevens van de auto's weergegeven.

Auto	Kost	Veiligheid*	Uiterlijk
Auto A	22000 €	28	Sportief
Auto B	28500 €	39	Cool
Auto C	33000 €	52	Saai

Tabel 4: Gegevens van de drie auto's in het AHP voorbeeld

*De veiligheidsrating van de auto. Hoe hoger de rating, hoe veiliger de auto is.

2. Hiërarchie:



Figuur 3: Hiërarchie voorbeeld AHP

3. In deze stap worden de auto's vergeleken op elk criterium en ook de criteria onderling. Dit gebeurt volgens de "intensities of importance" uit tabel 3.

	Auto A	Auto B	Auto C	Gewicht
Auto A	1 (4/7)	2 (4/7)	4 (4/7)	4/7
Auto B	1/2 (2/7)	1 (2/7)	2 (2/7)	2/7
Auto C	1/4 (1/7)	1/2 (1/7)	1 (1/7)	1/7
Som Scores	1.75	3.5	7	

Tabel 5: Pairwise comparison volgens kost in het AHP voorbeeld

Auto A is de goedkoopste van de drie. Stel dat het koppel door verschil tussen €22000 en €28500 Auto A slechts een beetje belangrijker vinden dan Auto B, daarom krijgt Auto A een score 2. Omgekeerd moet Auto B dan ten opzichte van Auto A de score 1/2 krijgen. In deze situatie vinden ze dan ook dat het verschil van prijs tussen Auto B en Auto C ervoor zorgt dat Auto B een beetje belangrijker is dan Auto C omdat deze goedkoper is. Hierdoor krijgt Auto B een score van 2 ten opzichte van Auto C. Als laatste vinden ze het verschil van prijs tussen Auto A en C toch wel redelijk groot. Daarom krijgt Auto A een score van 4 ten opzichte van Auto C. Ten opzichte van zichzelf zijn de auto's even belangrijk en krijgen in de diagonaal dan ook de score 1 (normaal zijn de scores in de diagonaal steeds 1).

Om tot de gewichten van elke auto te komen wordt eerst elke score in de tabel gedeeld door de som van zijn kolom. Dit getal komt tussen de haakjes te staan. Voor Auto A zijn dit 4/7 (door 1 te delen door 1.75), 4/7 (door 2 te delen door 3.5) en 4/7 (door 4 te delen door 7).

Daarna wordt er per rij het gemiddelde genomen van de getallen tussen de haakjes. Voor Auto A is dit dan $(12/7)/3$. De som van de gewichten is steeds 1 (100%) per criteria.

	Auto A	Auto B	Auto C	Gewicht
Auto A	1 (0.09)	1/3 (0.05)	1/7 (0.10)	0.08
Auto B	3 (0.28)	1 (0.16)	1/5 (0.15)	0.20
Auto C	7 (0.63)	5 (0.79)	1 (0.75)	0.72
Som Scores	11	6.33	1.34	

Tabel 6: Pairwise comparison volgens veiligheid in het AHP voorbeeld

Voor veiligheid is Auto C de beste auto. Het koppel vindt de verschillen tussen Auto C en respectievelijk Auto B en Auto A groot tot zeer groot. Het verschil tussen Auto A en Auto B is minder groot maar geeft wel nog steeds de voorkeur aan Auto B.

Zoals bij het vorige criterium worden de scores gedeeld door de som van elke kolom waarna het gemiddelde van elke rij wordt berekend. Voor Auto A is dit: $(1/11 + (1/3)/6.33 + (1/7)/1.34) / 3 = (0.09 + 0.05 + 0.10) / 3 = 0.08$

	Auto A	Auto B	Auto C	Gewicht
Auto A	1 (0.76)	5 (0.77)	9 (0.75)	0.76
Auto B	1/5 (0.15)	1 (0.15)	2 (0.17)	0.16
Auto C	1/9 (0.09)	1/2 (0.08)	1 (0.08)	0.08
Som Scores	1.31	6.50	12	

Tabel 7: Pairwise comparison volgens uiterlijk in het AHP voorbeeld

Voor uiterlijk vindt het koppel dat Auto A en Auto C twee uiterste van elkaar zijn. Ze vinden dat Auto A er veel beter uit ziet dan Auto C. Vandaar de score van 9. Auto B is volgens hun minder lelijk dan Auto B maar ze vinden het verschil met Auto A toch nog zeer sterk.

	Kost	Veiligheid	Uiterlijk	Gewicht
Kost	1 (0.30)	1/2 (0.29)	3 (0.33)	0.31
Veiligheid	2 (0.60)	1 (0.59)	5 (0.55)	0.58
Uiterlijk	1/3 (0.10)	1/5 (0.12)	1 (0.12)	0.11
Som Scores	3.33	1.70	9	

Tabel 8: Pairwise comparison van de criteria in het AHP voorbeeld

Vervolgens worden de criteria onderling vergeleken om het gewicht van elk criterium te bepalen. Zoals aangegeven in stap 1 vindt het koppel de veiligheid het belangrijkste criterium met er dicht na de kost van de auto. Het verschil in belangrijkheid tussen de veiligheid en het uiterlijk is sterk. Tussen veiligheid en kost is het verschil in belangrijkheid klein. En tussen de kost en uiterlijk is het verschil redelijk.

4. Met de gewichten uit de tabellen van stap 3 wordt de uiteindelijke score per auto berekend.

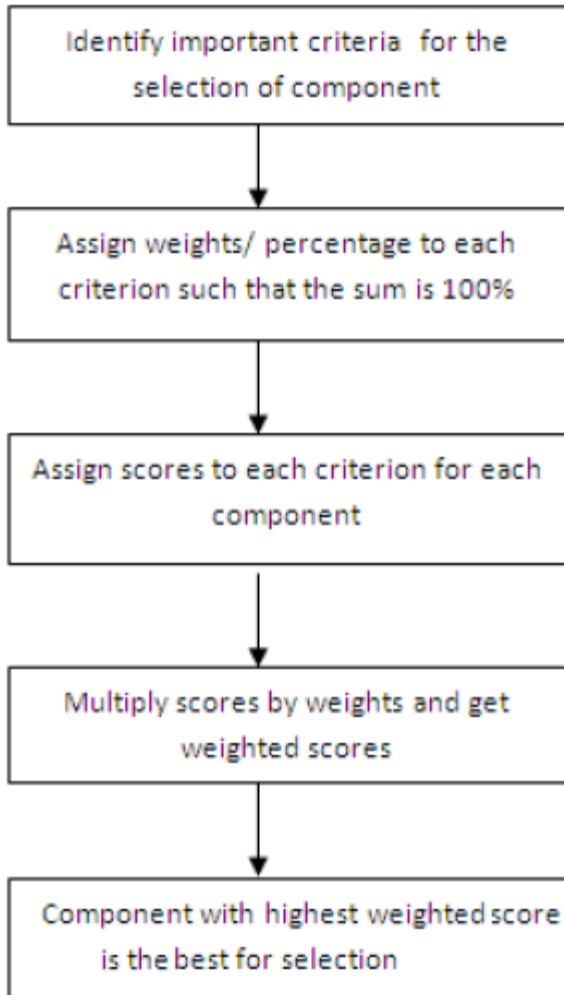
	Kost (0.31)	Veiligheid (0.58)	Uiterlijk (0.11)	Gewicht
Auto A	4/7	0.08	0.76	0.31
Auto B	2/7	0.20	0.16	0.22
Auto C	1/7	0.72	0.08	0.47

Tabel 9: Uiteindelijke score per auto

Voor Auto A is dit bijvoorbeeld: $0.31 * 4/7 + 0.58 * 0.08 + 0.11 * 0.76 = 0.31$
De score van Auto C is de hoogste dus wordt het koppel volgens de AHP methode aangeraden om Auto C te kiezen.

WSM

Bij de Weighted Scoring Method wordt er een gewicht en rating schaal aan elk criteria/categorie gegeven. Het gewicht geeft aan hoe belangrijk elk criteria is relatief ten opzichte van elkaar. De rating schaal is de score die elk alternatief krijgt per criterium, namelijk hoe goed ze aan het criterium voldoen.



Figuur 4: WSM stappen volgens Kaur en Singh (2014)

Als voorbeeld zal deze methode ook toegepast worden op het voorgaande voorbeeld van het koppel gebruikt bij de AHP methode. De criteria van het voorbeeld zijn veiligheid, kost en uiterlijk. Het belangrijkste criterium is de veiligheid. Het verschil in belangrijkheid tussen de veiligheid en het uiterlijk is sterk. Tussen veiligheid en kost is het verschil in belangrijkheid klein. En tussen de kost en uiterlijk is het verschil redelijk. Op basis van deze beschrijving moeten er drie gewichten over 100% worden verdeeld, dit is subjectief en het kan zijn dat een koppel met hetzelfde idee toch lichtjes andere gewichten kiest. De gewichten voor veiligheid, kost en uiterlijk zijn respectievelijk: 50%, 10% en 40%. De scores die gegeven werden door het koppel zijn te vinden in onderstaande tabel.

Auto	Kost	Veiligheid	Uiterlijk
Auto A	10/10	4/10	10/10
Auto B	8/10	6/10	6/10
Auto C	6/10	8/10	4/10

Tabel 10: Scores per auto in het WSM voorbeeld

Door de gewichten met de scores te vermenigvuldigen krijgen we de volgende score per auto:

- Auto A: $0.5 * 4 + 0.4 * 10 + 0.1 * 10 = 7$
- Auto B: $0.5 * 6 + 0.4 * 8 + 0.1 * 6 = 6.8$
- Auto C: $0.5 * 10 + 0.4 * 4 + 0.1 * 6 = 7.2$

Auto C heeft met een klein verschil de hoogste score en zou dus volgens de WSM worden aangeraden als beste keuze.

Evaluated Value en maximal deviation

De Evaluated value wordt als volgt berekend (Gupta et al (2010)):

$$\text{Evaluated Value} = \frac{\text{calculated value} * 10}{\text{Maximum value}}$$

Waarbij

Maximum Value= Hoogst mogelijke waarde van de categorie

Calculated Value= Feitelijke score van de categorie

Bij maximal deviation (Hlupic (1993)) wordt er aan elke categorie van criteria een minimale score op voorhand bepaald door de gebruiker. Dit is de score die de gebruiker op zijn minst verwacht van de software binnen de categorie. Nadat elk programma een score op elke categorie heeft gekregen wordt het verschil met de minimale score berekend voor elke categorie van de software en op basis van deze verschillen wordt de software vergeleken, de software die in positieve zin het verste van de totale minimale score ligt is het gewenste alternatief.

De sterktes en zwaktes van AHP en WSM werden besproken door Jadhav en Sonar (2009).

-AHP

AHP wordt van de verschillende evaluatietechnieken het meest gebruikt bij het evalueren van softwarepakketten. Het is een zeer sterke en flexibele tool die kwalitatieve en kwantitatieve multi-criteria problemen kan oplossen. Een groot nadeel ervan is dat het zeer veel tijd in beslag neemt en dit verhoogt substantieel met het aantal criteria en alternatieven. En het proces moet steeds opnieuw worden uitgevoerd wanneer er alternatieven en/of criteria worden toegevoegd. Hierdoor kun je best AHP enkel gebruiken als de alternatieven en criteria op voorhand vast liggen en wanneer evaluatie niet frequent moet gebeuren.

-WSM

De Weighted Scoring Method is een techniek die niet moeilijk om te gebruiken is. Een probleem voor deze techniek is dat het moeilijk is om een juist gewicht aan elke criteria te geven als er een groot aantal criteria zijn.

2.3.3 Conclusie

Om de softwarepakketten te evalueren zal de Analytical Hierarchy Process methode of de Weighted Scoring methode worden gebruikt. Als de AHP methode wordt gebruikt is er meer werk om tot een eindscore te geraken maar door de methode te gebruiken worden de gewichten per categorie en/of criterium door de methode bepaalt. Terwijl als de WS methode wordt gebruikt moeten deze gewichten zelf bepaald worden. Dit kan moeilijk zijn om dit zelf te doen bij een groot aantal criteria. De AHP methode wordt gebruikt omdat een meerderheid aan papers deze methode gebruikt bij de evaluatie. En de WS methode wordt als alternatief gegeven voor als het noodzakelijk is dat er niet al te veel berekeningen worden uitgevoerd. Een ander mogelijkheid zou het gebruik van Decision support software zijn, met de software is het mogelijk om zelf een methode te kiezen. In het geval van de AHP methode zou de software al de berekeningen uitvoeren en zou een uitgebreide evaluatie snel kunnen gebeuren. Ishizaka en Nemery (2013) en Weistroffer et al (2005) bespreken een aantal evaluatiemethodes en decision support programma's die deze kunnen gebruiken.

2.4 Conclusie

Voor de ontwikkeling van een framework voor het evalueren van simulatiesoftware zijn er twee zaken nodig. Ten eerste zijn evaluatiecriteria nodig, hiertoe zijn we gekomen door de criteria uit de literatuur te vergelijken. Deze literatuur behandelde vooral discrete event simulatie software en software in het algemeen. Ten tweede is het belangrijk om een evaluatietechniek te hebben om de software te vergelijken. Dit kan gebeuren door de categorieën en/of de criteria een rating te geven. Ook zal het belangrijk zijn om een gewicht te bepalen voor elke. Hoe belangrijk is het voor de gebruiker dat de simulatietool deze eigenschappen heeft? Het lijkt dus beter om de gewichten te laten bepalen afhankelijk van de situatie en niet zoals Beerten (2012) op voorhand het al vast te leggen. Want, zoals Banks (1991) aangeeft, moet de persoon/het bedrijf dat wil weten welke software hem of haar het beste ligt niet verplicht elk criteria gebruiken of gelijkaardige gewichten gebruiken. Hlupic (1993) geeft aan dat haar framework best gebruikt wordt in combinatie met het AHP maar gezien de nadelen van de techniek is het niet altijd de beste methode om te gebruiken. Daarom kan er als tweede methode WSM worden gebruikt.

Hoofdstuk 3 Softwarepakketten

3.1 Software uit papers

In de papers werden onderstaande lijsten van softwarepakketten vergeleken of kort aangehaald. Dit zijn natuurlijk niet alle softwarepakketten beschikbaar maar geven wel een beeld van de hoeveelheid van pakketten beschikbaar.

Adonis Aris Cosa CPN Tools ExSpect Filenet Protos WoPeD Yasper
--

Tabel 11: Lijst BPM suites en modelleertools

Adonis is een programma dat bedrijfsprocessen kan modelleren en simuleren. Het maakt gebruik van de BPMN2.0 notatie. Het programma bestaat uit twee versies. Een commerciële en een community versie. De community versie is gratis beschikbaar maar heeft wel minder functies dan de betalende versie. De commerciële versie van het programma werd geëvalueerd en vergeleken door Beerten (2012).

Aris is een modelleer en simulatieprogramma. Het is mogelijk om modellen te creëren, onder andere met de EPC en de BPMN notatie. Het programma is gratis beschikbaar voor bepaalde universiteiten, anders is het betalend. Aris werd geëvalueerd en vergeleken met andere software door Jansen-Vullers en Netjes (2006) en Beerten (2012). De software werd ook als voorbeeld van een business process modeling tool gegeven in een paper door Van Der Aalst (2013).

Cosa is een BPM suite dat onder andere simulatie en proces modellering kan uitvoeren. Oorspronkelijk was het een workflow management systeem. Het programma is beschikbaar als lokale installatie en als internet service. Van der Aalst vermeldt Cosa als voorbeeld van een workflow management systeem in zijn paper in 2013.

CPN Tools is een tool die colored petrinetten kan aanpassen, simuleren en analyseren. Het programma is open source en gratis beschikbaar. Het programma wordt geëvalueerd en vergeleken door Jansen-Vullers en Netjes (2006). Het programma wordt ook als voorbeeld van een petri-net gefocuste simulator gegeven door Van der Aalst (2013).

Exspect is een programma dat colored petrinetten kan modelleren en simuleren. Het programma is gratis ter beschikking. Het programma wordt als voorbeeld van een petri-net gefocuste simulator gegeven door Van der Aalst (2013).

Filenet was een BPM suite ter beschikking gesteld door IBM. Het programma wordt momenteel niet meer verkocht. Het programma werd in 2006 door Jansen-Vullers en Netjes geëvalueerd en vergeleken. En Van der Aalst vermeldt de suite als voorbeeld van een workflow management systeem in 2013.

Protos kan petrinetten en andere modellen creëren en simuleren. Hoofdzakelijk wordt Protos gebruikt om te modelleren maar dankzij een plugin kan het ook simuleren. Het programma werd vergeleken door Jansens-Vullers en Netjes (2006). Van der Aalst (2013) vermeldt het programma als voorbeeld van een simulatiepakket dat voornamelijk gebruikt wordt om te modelleren.

WoPeD is een open source programma waarmee petrinetten kunnen gemodelleerd en gesimuleerd worden. Het programma is gratis ter beschikking gesteld. Van der Aalst (2013) geeft WoPeD aan als een voorbeeld van simulatie pakketten die vooral dienen voor workflow analyse.

Yasper is een programma dat petrinetten kan simuleren en modelleren. Het programma wordt gratis aangeboden. Van der Aalst (2013) vermeldde het programma als voorbeeld van een simulatiepakket dat ook workflow analyse tools bevat.

Arena AutoMod HyperMesh Micro Saint Sharp NX-IDEAS ProcessModel ProModel SIMFACTORY Star-CD Taylor WITNESS
--

Tabel 12: Lijst DE simulators

Arena is een discrete event simulatieprogramma. De software maakt gebruik van de SIMAN processor en simulatietaal. Het is ook mogelijk om met de software bedrijfsprocessen te modeleren. Er zijn 2 mogelijke versies van de software beschikbaar. Een commerciële en een academische versie. De academische versie is gratis maar deze is wel beperkter dan de commerciële versie. Het programma werd vermeld door Bardonnnet et al (2002), Miller et al (2003) en Schriber & Brunner (2013). Ook werd Arena geëvalueerd in een paper door Jansen-Vullers en Netjes in 2006.

AutoMod is een discrete event simulatieprogramma vooral gefocust op simulatie bij manufacturing en minder voor de simulatie van bedrijfsprocessen. Het programma werd aangehaald door Schriber & Brunner (2013) in een vergelijking met andere discrete event simulatieprogramma's. Het werd door Gupta et al in 2009 geëvalueerd en vergeleken met andere software gebruik makend van 176 criteria.

Hypermesh is net als Automod een discrete event simulatieprogramma gefocust op industriële simulatie. Het programma werd door Gupta et al in 2009 geëvalueerd en vergeleken met andere software.

NX-IDEAS, Star-CD en Micro Saint Sharp zijn net als HyperMesh en Automod industriële simulatieprogramma's, minder gefocust op het simuleren van bedrijfsprocessen. Ze werden door Gupta et al in 2010 geëvalueerd en vergeleken.

Processmodel is een commercieel discrete event simulatieprogramma. Het programma werd door Gupta et al in 2010 vergeleken met industriële simulatie programma's.

Promodel is een discrete event simulatieprogramma. Het programma is beschikbaar in een commerciële en een gratis versie. De gratis versie is beperkter in functies dan de commerciële versie. Het programma werd vergeleken met industriële simulatieprogramma's door Gupta et al. (2009). Miller et al (2003) gebruikt Promodel als voorbeeld van een discrete event simulatie programma. En Schriber & Brunner (2013) vermelden Promodel in hun paper.

SIMFACTORY was een industrieel georiënteerd simulatieprogramma. Het wordt niet meer ter beschikking gesteld. Het programma werd geëvalueerd en vergeleken door Hlupic in 1993. Van der Aalst (2013) geeft SIMFACTORY als voorbeeld van een simulatiepakket dat productieprocessen kan modelleren.

Taylor was een discrete event simulatieprogramma. Het programma bestaat niet meer. Taylor werd als voorbeeld gebruikt door Van der Aalst (2013) voor een simulatiepakket dat ook productieprocessen kan modelleren.

WITNESS is een commerciële discrete event simulatieprogramma. De versie van het programma dat bedrijfsprocessen kan simuleren wordt L-sim genoemd. WITNESS wordt als voorbeeld gebruikt door Van der Aalst (2013) en Miller et al (2003). Het programma wordt ook vergeleken en geëvalueerd door Hlupic in 1993.

ExtendSim Goldsim XCELL

Tabel 13: Lijst hybride simulators

Deze programma's kunnen ook elk ingedeeld worden onder discrete-event simulators en system dynamics simulators omdat ze deze modellen ook elk apart kunnen simuleren.

ExtendSim is een simulatieprogramma dat meerdere soorten simulatie kan uitvoeren waaronder discrete event en continue simulatie. Er zijn meerdere versies beschikbaar. Commerciële versies met verschillende eigenschappen en een gratis versie. De gratis versie van de software kan geen grote modellen openen en kan slechts voor een half jaar zelf modellen bouwen. Schriber & Brunner (2013) en Van der Aalst (2013) vermeldden de software in hun papers.

Goldsim is een commercieel simulatieprogramma. Het maakt gebruik van een combinatie van system dynamics en discrete event modellen om te simuleren. Miller et al (2003) vermeldt het programma als voorbeeld voor programma's die werken met hybride modellen.

XCELL was een industrieel gefocust simulatieprogramma. Momenteel wordt het programma niet meer aangeboden. Het werd in 1993 door Hlupic geëvalueerd en vergeleken.

GASP GPSS MUST Simpy Simio Simpas Simsript Simula SLX

Tabel 14: Lijst simulatietaalen

GASP was een simulatietaal gebaseerd op Fortran. De taal wordt momenteel niet meer gebruikt. Het werd als voorbeeld gebruikt door Van der Aalst als klassiek voorbeeld van een simulatietaal in zijn paper in 2013.

GPSS is een discrete event simulatietaal. De huidige versie wordt aGPSS genoemd. Er is een commerciële en een gratis versie beschikbaar. De commerciële versie is onbeperkt en de gratis versie is gelimiteerd in zijn kunnen. Van der Aalst vermeldt de taal als voorbeeld van een simulatietaal in zijn paper in 2013. Schriber & Brunner (2013) vermelden de taal in vergelijking met andere programma's en talen.

MUST is een simulatietaal. Van der Aalst (2013) vermeldt MUST als voorbeeld van een simulatietaal.

SimPY is een discrete event simulatietaal. De taal is open source en gratis beschikbaar. De taal wordt besproken in een paper van Matloff in 2008.

Simio is een discrete event en continue simulatietaal. Het wordt aangeboden als een simulatieprogramma. Het programma wordt vermeld door Schriber & Brunner (2013).

Simpas is een discrete event simulatietaal gebaseerd op Pascal. Momenteel zijn er geen programma's die deze taal gebruiken. De taal wordt door Van der Aalst (2013) vermeld als klassiek voorbeeld van een simulatietaal.

Simscript is een discrete event simulatietaal. De taal wordt door Van der Aalst (2013) vermeld als voorbeeld van een simulatietaal.

Simula is een discrete event simulatietaal. De huidige opvolger van de taal is Beta. De taal wordt door Van der Aalst (2013) vermeld als klassiek voorbeeld van een simulatietaal.

SLX is een simulatietaal. Ze wordt vermeld door Schriber & Brunner in hun paper van 2013.

3.2 Software van het internet

Deze tools warden gevonden door de zoekterm 'Business process simulation software' te gebruiken als zoekterm.

Accuprocess Anylogic Bizagi BPMN Web Modeler Visual Paradigm
--

Tabel 15: Software van het internet

Accuprocess is een commercieel business process modeling programma dat ook kan simuleren. Het is beschikbaar in drie verschillende versies waarvan slechts een kan simuleren.

Anylogic is een commerciële hybride simulator. Ze kan onder meer discrete event en system dynamics modellen creëren. Het programma kan ook in andere sectoren zoals transport en gezondheidszorg gebruikt worden als simulator.

Bizagi is een gratis programma dat bedrijfsprocessen kan modelleren en simuleren.

BPMN Web Modeler is een commerciële tool die BPMN 2.0 modellen kan creëren en simuleren. De tool is online beschikbaar of als plug-in voor Visio.

Visual Paradigm is een commerciële modelleer suite die verschillende soorten modellen kan creëren en bedrijfsprocessen kan simuleren.

3.3 Conclusie

Er zijn veel mogelijk softwarepakketten beschikbaar. Alleen al in de literatuur zijn er negen BPM suites, elf discrete event simulators, drie hybrid simulators en negen simulatietalen gevonden. Het valt op dat de simulatietalen vooral discrete event talen zijn en dat system dynamics softwarepakketten niet apart worden gebruikt maar eerder voor hybride simulaties.

Hoofdstuk 4: Evaluatie

4.1 Evaluatieframework

Het framework van deze masterproef bestaat uit meerdere onderdelen. Ten eerste zijn er de categorieën van criteria en de bijhorende criteria. Deze werden in de literatuurstudie besproken. Ten tweede is er een evaluatietechniek vereist om deze te evalueren. Een aantal van de mogelijke technieken werden besproken in de literatuurstudie.

In deze sectie zal er op een algemene manier worden overlopen hoe simulatiesoftware geëvalueerd kan worden. Welke verschillende stappen moeten er worden overlopen? Wat zijn de verschillende mogelijkheden per stap?

Stap 1: Bepalen van behoefte.

Ongeacht de gebruikte evaluatietechniek moet er eerst door de gebruiker bepaald worden wat hij/zij wil.

Wat moet er op voorhand door de gebruiker onderzocht en/of bepaald worden:

- **Behoefte:** Er zijn verschillende redenen waarom er behoefte voor simulatiesoftware is. De huidige software kan verouderd zijn of er werd voorheen niet gesimuleerd. Het kan ook zijn dat er op een andere manier gesimuleerd moet worden met een ander soort tool of er zijn programma's nodig met bepaalde eigenschappen zoals bijvoorbeeld de nood om je simulaties bij te houden, belang hechten aan customization, ...
- **Budget:** Voor het budget zijn er verschillende kosten waarmee rekening moet gehouden worden. Ten eerste moet er rekening mee gehouden worden dat bij het aankopen van nieuwe software (of bij het upgraden naar een betere software) er mogelijk nog extra kosten zijn buiten de aankoopkost of huurkost. Zo kan het zijn dat de huidige hardware niet voldoende is om de software te draaien. En als er extra training nodig is, dan is er ook een extra kost. Ook kan het zijn dat er kortingen zoals een hoeveelheidskorting invloed hebben op de totale kost.
- **Eigenschappen:** Voordat simulatiesoftware wordt geëvalueerd moet de gebruiker nadenken over de eigenschappen van de software. Welke eigenschappen moet de software hebben, wat zijn de minimumvereisten voor bepaalde eigenschappen. Door hier op voorhand over na te denken is het makkelijker om tijdens de evaluatie gewichten te geven aan de categorieën en de criteria zelf. Deze stap is minder nodig als er gebruik wordt gemaakt van een template van eigenschappen maar is toch nog steeds handig om te doen.

Aantekening:

Een template van eigenschappen lijkt een handig idee om gebruikers die minder tijd willen steken in de hele evaluatie. Een template bevat ten eerste een omschrijving. Deze omschrijving geeft aan in wat voor een scenario dit template zou gebruikt kunnen worden. Ten tweede bevat het de nodige gewichten of scores voor de eigenschappen die in het algemeen passen bij het scenario dat de template beschrijft. Momenteel zijn er geen templates maar als er meer en meer software wordt geëvalueerd zouden deze kunnen ontstaan.

Stap 2: Stel een lijst van alternatieven op.

Om programma's te evalueren of te vergelijken moet je natuurlijk een lijst van alternatieven hebben. Dus ofwel heb je al een programma dat je wilt evalueren voor een review ofwel ben je op zoek naar nieuwe software die je met elkaar wilt vergelijken. Door research in papers te doen of door het internet af te gaan kan je aan een lijst van mogelijke keuzes geraken. Dan heb je de keuze om slechts een kortere lijst van software te evalueren of al de mogelijke alternatieven. Als je kiest om al de alternatieven te vergelijken moet er wel rekening worden gehouden dat dit zeer tijdsintensief is, zelfs als je enkel per categorie en niet in detail per criteria gewichten geeft. Om de lijst te verkleinen kan er op voorhand een aantal noodzakelijke criteria worden opgesteld, dit is normaal niet moeilijk als er in stap 1 goed is nagedacht. Deze noodzakelijke criteria zijn eigenschappen criteria die bepalen welke eigenschappen de software noodzakelijk moet hebben, als een bepaald softwarepakket hier niet aan voldoet valt deze meteen af.

Stap 3: Bepaal je gewenste evaluatietechniek.

In principe zijn er veel mogelijke evaluatietechnieken die gebruikt kunnen worden. Maar om het framework niet te uitgebreid te maken is er enkel een keuze tussen drie verschillende technieken.

- De Analytic Hierarchy Process techniek: deze techniek wordt best enkel gebruikt als enkel volgens de categorieën wordt geëvalueerd of als er met een Decision-making software (DMS) wordt gewerkt. Want het rekenwerk kan zeer tijdrovend worden met veel criteria. Bijvoorbeeld, als er 10 alternatieve programma's worden geëvalueerd tegen 100 criteria dan moeten er 4500 pairwise comparison berekeningen gebeuren. (berekening $\frac{1}{2} * (10 * (10-1)) * 100 = 4500$)
- De Weighted Scoring Method: deze techniek wordt gebruikt als je op voorhand een goed idee hebt van de verschillende gewichten die je aan de criteria en categorieën wilt geven.
- Decision-making software (DMS): met software om te helpen bij het berekenen van scores is de evaluatie sneller en is er ook een uitgebreide keuze aan soorten technieken beschikbaar om de evaluatiescores te berekenen.

Stap 4: Ga de categorieën en criteria af en bepaal welke niet nodig, belangrijk zijn voor de situatie en welke wel nuttig zijn om te evalueren. Dit is gemakkelijk als er in stap 1 goed is nagedacht over de situatie.

Stap 5: Geef scores aan elk geselecteerde criteria.

Je geeft een score op een schaal van tien aan de rating criteria. Voor de eigenschappen criteria geef je een nul op tien of een tien op tien afhankelijk van de aanwezigheid van de eigenschap.

Stap 6: Toepassen evaluatietechniek

Tijdens de laatste stap wordt de evaluatietechniek toegepast om een uiteindelijke eindscore voor elke categorie en daarna elk alternatief te berekenen.

Bij de Analytic Hierarchy Process techniek worden de Intensity of Importance scores bij de pairwise comparisons tussen de categorieën en tussen de criteria bepaald dankzij het nadenken in stap 1. Welke categorie/criterium vinden wij belangrijker dan andere categorieën/criteria. Om aan de Intensity of Importance scores bij de pairwise comparisons van de alternatieven te komen worden de scores gegeven in stap 5 met elkaar vergeleken.

Vershil van 0 → Intensity of Importance score van 1.

Vershil van 1 → Intensity of Importance score van 2

...

Vershil van 8+ → Intensity of Importance score van 9

4.2 Resultaten

In deze sectie zal het framework worden toegepast. Eerst wordt er een voorbeeld uitgewerkt op twee petrinet tools. In dit voorbeeld zullen beide evaluatietechnieken worden gebruikt om te zien of hetzelfde resultaat wordt verkregen. Daarom zijn het aantal criteria ook beperkt en subjectief gekozen. Daarna worden er twee scenario's uitgewerkt. De bedoeling van deze scenario's is om te zien hoe het framework werkt en dat een bedrijf zich erin kan herkennen, in zekere zin zoals het template dat eerder werd besproken. Het is de bedoeling dat deze scenario's zo objectief mogelijk zijn. Natuurlijk is er door de categorieën Verkoper en Algemene eigenschappen zekere subjectiviteit. En de op voorhand bepaalde belangrijkheid van elke categorie is ook wat subjectief, dit is moeilijk te generaliseren want dit is meestal anders voor elk bedrijf. Voor de categorieën wordt er dus vooral naar de binaire/eigenschappen criteria gekeken om een score te bepalen. Er wordt op categorieniveau beoordeeld omdat op criterioniveau dit zeer subjectief is. Waarom is een criterium belangrijker dan de andere criteria in een categorie?

4.2.1 Voorbeeld 1

Er is een keuze tussen twee petrinet modellering en simulatie tools. Deze twee tools zijn WoPeD en Yasper. Deze twee zijn gekozen omdat ze beiden gratis ter beschikking zijn gesteld.

Voor de Invoer categorie zijn dit:

Eigenschappen:
Input

Rating:
GUI
Gebruik GUI

Tabel 16a: Invoer

Voor de Uitvoer categorie zijn dit:

Eigenschappen:
Zelf gecreëerd rapport
Rapport
Overzichtsrapport
Grafieken
Bijhouden rapport

Rating:
Rapporten
Zelf gecreëerd rapport
Grafieken

Tabel 16b: Uitvoer

Voor de Modellerings eigenschappen categorie zijn dit:

Eigenschappen:
Templates
Foutmeldingen
Bubble help
Prompting
Commentaar
Knippen/kopiëren/plakken
Undo/redo
Type modellering
Aanpassen model
Controle model

Rating:
Gebruikersgemak
Leergemak

Tabel 16c: Modellerings eigenschappen

Voor de Support categorie zijn dit:

Eigenschappen: Training Tutorial Run-time hulp Software onderhoud Web support Troubleshooting support Demo modellen Handleiding Documentatie Rating: Kwaliteit handleiding Kwaliteit tutorial Kwaliteit documenten Support
--

Tabel 16d: Support

Voor de Simulatie-eigenschappen categorie zijn dit:

Eigenschappen: Playback modus Klok Zelfgecreëerde paden Status Herbruikbaarheid simulaties Alarm Syntaxis check Pauze Trace
--

Tabel 16e: Simulatie-eigenschappen

Voor de Algemene eigenschappen zijn dit:

Eigenschappen: Installatie Besturingssysteem Rating: Gebruiksgemak Vereiste kennis

Tabel 16f: Algemene eigenschappen

Voor de financiële eigenschappen is het enkel belangrijk dat het programma gratis ter beschikking is. En de verkoper, samenwerking met andere software en programmeren categorieën zijn van geen belang. De belangrijkste categorieën zijn invoer, uitvoer, simulatie-eigenschappen en modelleringseigenschappen en ze zijn belangrijker dan de categorieën algemene eigenschappen en support. Die even belangrijk zijn.

Beoordeling programma's

Programma 1: WoPeD

Categorie 1: Invoer

WoPeD kan petrinet en yawl bestanden openen. De nodige petrinetten kunnen dus ingeladen worden in de software, daarmee wordt het binaire criterium input vervuld. De interface ziet er zeer simpel uit en is gemakkelijk te begrijpen. Je kan de menu's in het werkblad in grootte aanpassen en zelf kiezen wat er wordt weergegeven. Het overview menu is zeer handig om te navigeren in grote petrinetten.

Eigenschappen:

Input: 10/10

Rating:

GUI: 8/10

Gebruik GUI: 8/10

Tabel 17a: Invoer WoPeD

Categorie 2: Uitvoer

De gecreëerde petrinetten kunnen als afbeelding of als petrinet bestand worden opgeslagen. De resultaten van de simulatie kunnen worden opgeslagen in een csv bestand. Buiten dit overzichtsrapport kunnen er geen andere rapporten gegenereerd worden in WoPeD. De resource allocatie, service time distribution en wachttijd verdeling worden als grafieken opgeslagen. Handmatige simulaties worden opgeslagen als een petrinet bestand.

Eigenschappen:

Zelf gecreëerd rapport: 0/10

Rapport: 10/10

Overzichtsrapport: 10/10

Grafieken: 10/10

Bijhouden rapport: 10/10

Rating:

Rapporten: 5/10

Zelf gecreëerd rapport: 0/10

Grafieken: 6/10

Tabel 17b: Uitvoer WoPeD

Categorie 3: Financiële eigenschappen

WoPeD is gratis om te gebruiken, het binaire criterium Freeware is dus nagekomen.

Categorie 4: Modellerings-eigenschappen

WoPeD werkt met een click en drop systeem bij het bouwen van de petrinetten, ook is het mogelijk om met sneltoesten te werken. En bij elk menu is er een bubble help aanwezig. Ook zijn de opties undo/redo/Knippen/kopiëren/plakken aanwezig. Het is niet mogelijk om commentaar bij een model te zetten. Buiten kennis over petrinetten en hun eigenschappen is er geen andere voorkennis nodig om de software te kunnen gebruiken. Modellen nakijken op hun eigenschappen zoals bijvoorbeeld soundness is mogelijk met WoPeD. Er zijn geen generieke modellen om vanuit te starten en het is mogelijk om andere modellen aan te passen. De enige templates die beschikbaar zijn, zijn de bouwelementen en er worden geen veel gebruikte combinaties van elementen beschikbaar gesteld om sneller te modelleren. Ook zijn er geen prompts of foutmeldingen bij het modelleren, als iets niet mogelijk is kan dit ook niet gebouwd worden.

Eigenschappen: Templates: 10/10 Foutmeldingen: 0/10 Bubble help: 10/10 Prompting: 0/10 Commentaar: 0/10 Knippen/kopiëren/plakken: 10/10 Undo/redo: 10/10 Type modellering: 10/10 Aanpassen model: 10/10 Controle model: 10/10 Rating: Gebruikersgemak: 8/10 Leergemak: 8/10
--

Tabel 17c: Modellerings-eigenschappen WoPeD

Categorie 5: Verkoper

Er werden geen criteria voor verkoper gekozen.

Categorie 6: Support

De support voor WoPeD is beperkt. Er is geen tutorial, training of run time hulp beschikbaar. Wel zijn er demo modellen, een forum, een beperkte online handleiding en er is ook documentatie beschikbaar over de gebruikte simulatie. WoPeD krijgt een paar keer per jaar een update.

Eigenschappen: Training: 0/10 Tutorial: 0/10 Run-time hulp: 0/10 Software onderhoud: 10/10 Web support: 10/10 Troubleshooting support: 0/10 Demo modellen: 10/10 Handleiding: 10/10 Documentatie: 10/10 Rating: Kwaliteit handleiding: 4/10 Kwaliteit tutorial: 0/10 Kwaliteit documenten: 5/10 Support: 4/10

Tabel 17d: Support WoPeD

Categorie 7: Simulatie-eigenschappen

Met WoPeD kan je ofwel zelf een simulatie sturen ofwel door de software een simulatie laten afspelen. Je kan pauzeren tijdens de simulatie. En voordat je kan beginnen met simuleren checkt WoPeD of dit al dan niet mogelijk is en geeft dit dan ook aan met een bericht. De opties voor automatische simulatie zijn onder andere de soort verdeling (poisson/gaussian/constant) en LIFO/FIFO. Ook is het mogelijk om deze opties op te slaan. De stappen van de manuele simulatie kunnen ook worden bijgehouden.

Eigenschappen: Playback modus: 10/10 Klok: 10/10 Zelfgecreëerde paden: 10/10 Status: 0/10 Herbruikbaarheid simulaties: 10/10 Alarm: 0/10 Syntaxis check: 10/10 Pauze: 10/10 Trace: 10/10

Tabel 17e: Simulatie-eigenschappen WoPeD

Categorie 8: Programmeren

Er werden geen criteria voor programmeren gekozen.

Categorie 9: Samenwerking andere software

Er werden geen criteria voor samenwerking andere software gekozen.

Categorie 10: Algemene eigenschappen:

De installatie van het programma verloopt vlot. WoPed draait op Windows, Mac en Linux. Om het programma te gebruiken is toch zekere kennis nodig van petrinetten en hun eigenschappen.

Eigenschappen:

Installatie: 10/10

Besturingssysteem: 10/10

Rating:

Gebruiksgemak: 8/10

Vereiste kennis: 7/10

Tabel 17f: Algemene Eigenschappen WoPeD

Programma 2: Jasper

Categorie 1: Invoer

Yasper kan petrinet en yawl bestanden openen. De nodige petrinetten kunnen dus ingeladen worden in de software, daarmee wordt het binaire criterium input vervuld. De interface heeft een aantal menu's zoals deze te vinden zijn in oudere programma's. Deze menu's bestaan hoofdzakelijk uit opties die je aan of uit kan zetten. De andere onderdelen van de menu's kunnen ook met sneltoetsen of met de knoppen die zich onder de menu's, in de werkbalk bevinden, gebruikt worden. De interface is heel clean, er bevinden zich geen overbodig elementen op het scherm.

Eigenschappen:

Input: 10/10

Rating:

GUI: 6/10

Gebruik GUI: 7/10

Tabel 18a: Invoer Jasper

Categorie 2: Uitvoer

De modellen gecreëerd in Jasper kunnen worden opgeslagen als afbeelding of als petrinet bestand. Er kan slechts een soort rapport worden gegenereerd. Dit is een overzichtsrapport dat gemaakt wordt na het runnen van een simulatie. Er kunnen geen grafieken worden gemaakt in de software.

Eigenschappen:

Zelf gecreëerd rapport: 0/10

Rapport: 10/10

Overzichtsrapport: 10/10

Grafieken: 0/10

Bijhouden rapport: 10/10

Rating:

Rapporten: 5/10

Zelf gecreëerd rapport: 0/10

Grafieken: 0/10

Tabel 18b: Uitvoer Jasper

Categorie 3: Financiële eigenschappen

Yasper is gratis om te gebruiken, het binaire criterium Freeware is dus nagekomen.

Categorie 4: Modellerings eigenschappen

Het gebruik van de software om te modelleren is niet al te gemakkelijk. Yasper werkt met een drag en drop systeem om modellen te creëren. Je hebt keuze aan een aantal bouwstenen. Door de bouwstenen te combineren wordt het model gecreëerd. Je kunt echter niet zelf relaties tussen de bouwstenen maken, hiervoor moet je de bouwstenen gebruiken waarin de relaties reeds bepaald zijn of bij de opties van de bouwstenen deze relatie bepalen. Bij het bouwen van een model zijn er geen foutmeldingen of prompts. Er is enkel bubbel help bij de knoppen in de werkbalk en niet bij de bouwstenen. Het is mogelijk om een beschrijving bij elk element van het model te zetten, en zelfs bij het gehele model. In deze beschrijving kan er dus van commentaar worden voorzien. Knippen/kopiëren/plakken/Undo/redo zijn beschikbaar als sneltoetsen of in de werkbalk.

Eigenschappen:

Templates: 10/10

Foutmeldingen: 0/10

Bubble help: 10/10

Prompting: 0/10

Commentaar: 10/10

Knippen/kopiëren/plakken: 10/10

Undo/redo: 10/10

Type modellering: 10/10

Aanpassen model: 10/10

Controle model: 0/10

Rating:

Gebruikersgemak: 6/10

Leergemak: 7/10

Tabel 18c: Modellerings eigenschappen Yasper

Categorie 5: Verkoper

Er werden geen criteria voor verkoper gekozen.

Categorie 6: Support

Buiten een handleiding is er geen support beschikbaar. Ook lijken er geen updates meer te zijn voor het programma.

Eigenschappen: Training: 0/10 Tutorial: 0/10 Run-time hulp: 0/10 Software onderhoud: 0/10 Web support: 0/10 Troubleshooting support: 0/10 Demo modellen: 0/10 Handleiding: 10/10 Documentatie: 10/10 Rating: Kwaliteit handleiding: 7/10 Kwaliteit tutorial: 0/10 Kwaliteit documenten: 4/10 Support: 2/10
--

Tabel 18d: Support Jasper

Categorie 7: Simulatie-eigenschappen

Er zijn twee soorten simulaties mogelijk met de software. Manuele en automatische simulatie. Bij de manuele simulatie creëer je zelf het pad dat de tokens volgen en bij de automatische simulatie bepaalt het systeem dit. Bij de manuele simulatie geven kleuren de status van elke element weer. Er is geen waarschuwingsbericht in de manuele simulatie maar wel in de automatische simulatie.

Eigenschappen: Playback modus:10/10 Klok: 10/10 Zelfgecreëerde paden: 10/10 Status: 10/10 Herbruikbaarheid simulaties: 0/10 Alarm:10/10 Syntaxis check: 0/10 Pauze: 10/10 Trace: 10/10

Tabel 18e: Simulatie-eigenschappen Jasper

Categorie 8: Programmeren

Er werden geen criteria voor programmeren gekozen.

Categorie 9: Samenwerking andere software

Er werden geen criteria voor samenwerking andere software gekozen.

Categorie 10: Algemene eigenschappen

Yasper is zeer simpel en snel geïnstalleerd. Voor gebruik van het programma is er vooral basiskennis van petrinetten nodig. Buiten moeilijkheden met het modelleren is Yasper gemakkelijk te gebruiken.

Eigenschappen:

Installatie: 10/10

Besturingssysteem: 10/10

Rating:

Gebruiksgemak: 6/10

Vereiste kennis: 8/10

Tabel 18f: Algemene eigenschappen Yasper

1 Berekeningen WSM

Als evaluatietechniek werd de Weighted Scoring Method gekozen. Dus moeten er nog gewichten voor de criteria en categorieën worden gekozen. De criteria binnen elke categorieën krijgen een gelijk gewicht en de gewichten van de categorieën zijn als volgt:

- Invoer: 0.20
- Uitvoer: 0.20
- Financiële eigenschappen: /
- Modellerings-eigenschappen: 0.20
- Verkoper: /
- Support: 0.10
- Simulatie-eigenschappen: 0.20
- Programmeren: /
- Samenwerking andere software: /
- Algemene eigenschappen: 0.10

Vervolgens worden de voorgaande scores die gegeven werden vermenigvuldigd met deze gewichten om de eindscores te bekomen.

WoPeD:

$$28/3 * 0.20 + 51/8 * 0.20 + 86/12 * 0.20 + 63/13 * 0.10 + 70/9 * 0.20 + 35/4 * 0.10 = 7.49$$

Yasper:

$$23/3 * 0.20 + 35/8 * 0.20 + 83/12 * 0.20 + 33/13 * 0.10 + 70/9 * 0.20 + 34/4 * 0.10 = 7.22$$

WoPeD heeft een betere score dan Yasper en is dus het betere alternatief.

2 Berekeningen AHP

Omdat Invoer, Uitvoer, Modellerings-eigenschappen en Simulatie-eigenschappen even belangrijk zijn krijgen deze ten opzichte van elkaar de score 1. Ook zijn Support en Algemene eigenschappen even belangrijk en krijgen dus ook ten opzichte van elkaar de score 1. De 4 categorieën zijn belangrijker dan Support en Algemene eigenschappen en krijgen ten opzichte van hen een 4 en omgekeerd krijgen Support en Algemene eigenschappen een 1/4.

	Invoer	Uitvoer	Model	Support	Sim	Alg	Gewicht
Invoer	1 (0.22)	1 (0.22)	1 (0.22)	4 (0.22)	1 (0.22)	4 (0.22)	0.22
Uitvoer	1 (0.22)	1 (0.22)	1 (0.22)	4 (0.22)	1 (0.22)	4 (0.22)	0.22
Modellerings eigenschappen	1 (0.22)	1 (0.22)	1 (0.22)	4 (0.22)	1 (0.22)	4 (0.22)	0.22
Support	1/4 (0.06)	1/4 (0.06)	1/4 (0.06)	1 (0.06)	1/4 (0.06)	1 (0.06)	0.06
Simulatie- eigenschappen	1 (0.22)	1 (0.22)	1 (0.22)	4 (0.22)	1 (0.22)	4 (0.22)	0.22
Algemene eigenschappen	1/4 (0.06)	1/4 (0.06)	1/4 (0.06)	1 (0.06)	1/4 (0.06)	1 (0.06)	0.06
Som	4.50	4.50	4.50	18	4.50	18	

Tabel 19: Pairwise comparison van de categorieën

Het verschil tussen WoPeD en Yasper is 1.67 voor de Invoer categorie. Daarom krijgen ze ten opzichte van elkaar een 3 en 1/3.

	WoPeD	Yasper	Gewicht
WoPeD	1 (0.75)	3 (0.75)	0.75
Yasper	1/3 (0.25)	1 (0.25)	0.25
Som	1.33	4	

Tabel 20a: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Invoer categorie

Voor de Uitvoer categorie is het verschil tussen de twee 2. De scores zijn dus 3 en 1/3.

	WoPeD	Yasper	Gewicht
WoPeD	1 (0.75)	3 (0.75)	0.75
Yasper	1/3 (0.25)	1 (0.25)	0.25
Som	1.33	4	

Tabel 20b: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Uitvoer categorie

Het verschil tussen WoPeD en Jasper is 0.25. Dit is haast gelijk en daarom krijgen ze beide 1.

	WoPeD	Jasper	Gewicht
WoPeD	1 (0.50)	1 (0.50)	0.50
Jasper	1 (0.50)	1 (0.50)	0.50
Som	2	2	

Tabel 20c: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Modellerings-eigenschappen categorie

Voor de Support categorie is het verschil 2.30. Daarom zijn de scores 3 en 1/3.

	WoPeD	Jasper	Gewicht
WoPeD	1 (0.75)	3 (0.75)	0.75
Jasper	1/3 (0.25)	1 (0.25)	0.25
Som	1.33	4	

Tabel 20d: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Support categorie

De scores zijn gelijk. Beide krijgen daarom de score 1.

	WoPeD	Jasper	Gewicht
WoPeD	1 (0.50)	1 (0.50)	0.50
Jasper	1 (0.50)	1 (0.50)	0.50
Som	2	2	

Tabel 20e: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Simulatie-eigenschappen categorie

Voor de Algemene eigenschappen categorie zijn de scores weer gelijk. De scores zijn dus 1.

	WoPeD	Jasper	Gewicht
WoPeD	1 (0.50)	1 (0.50)	0.50
Jasper	1 (0.50)	1 (0.50)	0.50
Som	2	2	

Tabel 20f: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Algemene eigenschappen categorie

	Inv (0.22)	Uitv (0.22)	Mod (0.22)	Sup (0.06)	Sim (0.22)	Alg (0.06)	Score
WoPeD	0.75	0.75	0.50	0.75	0.50	0.50	0.63
Jasper	0.25	0.25	0.50	0.25	0.50	0.50	0.37

Tabel 21: Score berekening met de gewichten

WoPeD heeft de hoogste score en wordt aangeraden over Jasper.

4.2.2 Scenario 1

4.2.2.1 Situatieschets

Een klein bedrijf heeft een persoon aangesteld die verantwoordelijk is voor de optimalisatie van het bedrijfssysteem. Hij wilt het bedrijfssysteem voorstellen aan de hand van BPMN 2.0. Naderhand wil hij het systeem optimaliseren via simulatie. Hiervoor moet hij op zoek gaan naar modellersoftware dat met BPMN 2.0 kan werken en ook kan simuleren.

Voor stap 1 van het framework wordt er beslist dat er liefst met gratis software wordt gewerkt omdat het maar een klein bedrijf is. Hierdoor zijn er drie noodzakelijke criteria, namelijk BPMN 2.0 kunnen modeleren, kunnen simuleren en freeware zijn. De belangrijkste eigenschappen van de software komen van de Invoer, Uitvoer, Simulatie-eigenschappen en Modellerings-eigenschappen. Deze vier zijn even belangrijk. Iets minder belangrijk zijn de Algemene Eigenschappen en Support. En de minst belangrijke zijn Programmeren, Samenwerking met andere software en Verkoper. Omdat Freeware als noodzakelijk criterium is gekozen wordt de Financiële eigenschappen categorie niet beoordeeld.

Dankzij de drie noodzakelijk criteria zijn er twee programma's gevonden die deze bevatten. Deze zijn Adonis Community Edition en Bizagi. Deze zijn de enige twee die waren gevonden maar het kan mogelijk zijn dat er nog meer programma's zijn onder de drie voorwaarden maar deze zijn mogelijk minder populair want ze werden niet gevonden.

4.2.2.2 Beoordeling programma's

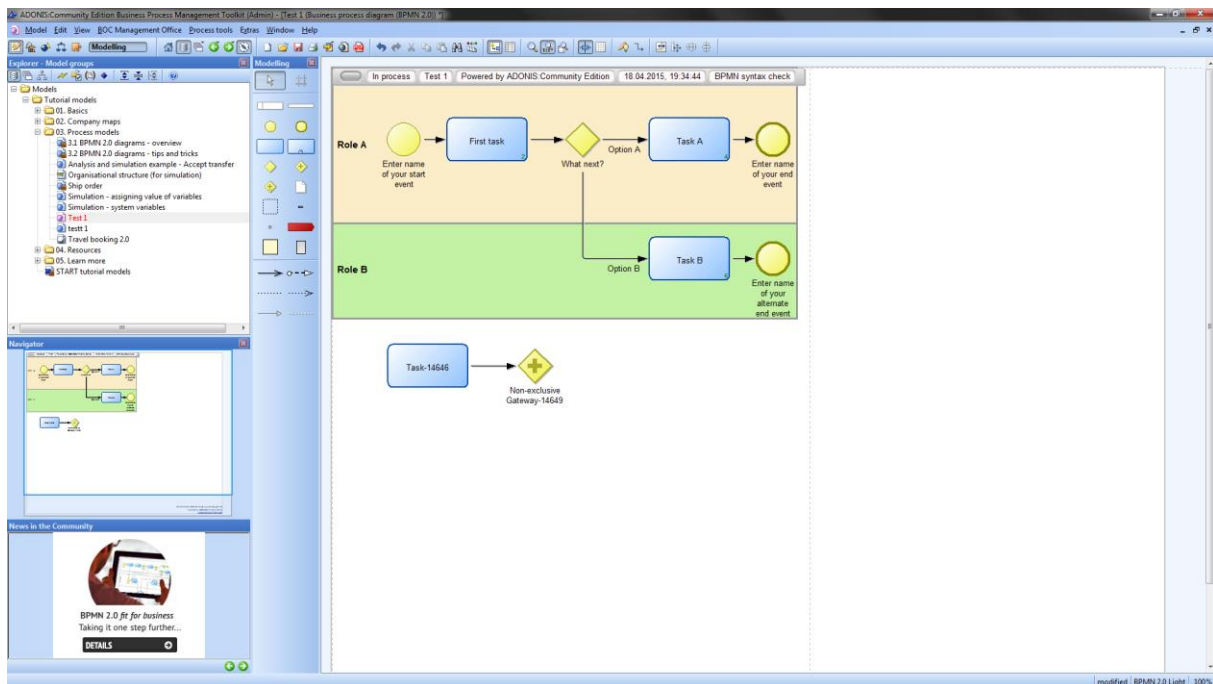
Programma 1: Adonis Community Edition

Categorie 1: Invoer

Als invoer is er slechts 1 bestandstype beschikbaar. Dit zijn bestanden met de extensie ADL. Deze extensie is exclusief voor Adonis maar via de website kan je wel Visio, BPMN DI, XPDL en XML bestanden converteren naar adl zodat je modellen van andere programma's toch kan importeren naar Adonis.

Op het eerste zicht is de interface van het programma zeer druk en verwarrend. Je kan gelukkig de verschillende menu's die open staan verbergen of van grootte veranderen. Anders dan andere programma's is het menu niet verdeeld in verschillende categorieën. Eens je door hebt dat er 5 verschillende soorten menu's zijn die als je ze selecteert het hele menu aanpassen is het wel een best handig menu. Zo is het menu niet zo vol en ziet het er mooi en overzichtelijk uit. Een minpunt van de gehele interface is het 'news in the community' venster dat niet verwijderd kan worden.

Van de eigenschappen voor invoer bevat Adonis ze allemaal behalve onbewerkte gegevens. Daarom is de score 9/10. Maar door het minpuntje van de interface wordt er wel een half puntje af getrokken dus zal de uiteindelijke score 8.5/10 zijn.



Figuur 5: De interface van Adonis

Categorie 2: Uitvoer

Adonis kan modellen als ADL en XPDI bestanden exporteren. Via de website van Adonis kan je ook het model converteren naar een BPMN DI bestand. Ook is het mogelijk om delen van het werkblad of het hele werkblad om te vormen in een afbeelding. De modellen kunnen ook worden omgevormd in een pdf of html bestand. Adonis creëert dan een document waarin alle elementen van het model worden weergegeven en beschreven.

Er kan een rapport gegenereerd worden die de resultaten van verschillende simulaties vergelijkt, hieraan kunnen pie of bar charts worden toegevoegd. Andere mogelijke rapporten zullen in het werkboek gemaakt moeten worden door het notitie element te gebruiken.

Adonis heeft slechts 8 van de 18 eigenschappen van invoer. Daarom krijgt het een 4.5/10.

Categorie 3: Financiële eigenschappen

De community edition van Adonis is volledig gratis. Er is geen special hardware voor nodig om ze te draaien en er zijn ook geen andere extra kosten.

Categorie 4: Modellerings-eigenschappen

BPMN 2.0 modellen kunnen met Adonis gemaakt worden. In tegenstelling tot de meeste software die drag en drop gebruiken maakt Adonis gebruik van point and click. Het point and click systeem is minder snel dan drag en drop. Je kan elk element een beschrijving geven en eigenschappen toewijzen die nuttig zijn voor de simulatie (zoals resources, kosten of tijdsverdelingen). Er kan commentaar als notitie bij het model worden gezet of in de beschrijving van de verschillende elementen. Basiseigenschappen zoals knippen, kopiëren, plakken, undo en redo zijn mogelijk met Adonis. Het controleren van het model is niet mogelijk in de community edition van Adonis.

Adonis bevat 9 van de 16 eigenschappen voor modellering en daarom krijgt Adonis een 5.5/10.

Categorie 5: Verkoper

De BOC group is verantwoordelijk voor de creatie van Adonis. Er is niet veel terug te vinden over de reputatie van het bedrijf maar het biedt buiten de Adonis community edition nog 4 andere programma's aan waaronder de betalend versie van Adonis. Het programma zelf heeft ook een prijs gewonnen uitgereikt door de Object Management Group (OMG) in de categorie: 'Best BPM Application that demonstrates the use of one or more business process standards'.

Voor de verkoper categorie krijgt Adonis een 8/10.

Categorie 6: Support

Er is een introductie en handleiding pdf beschikbaar bij de installatie van het programma. Daarnaast is er in het programma zelf ook een tutorial beschikbaar. Ook kun je op de website screencasts en voorbeeldmodellen terugvinden. Voor de community edition is er geen echte support beschikbaar, er is enkel een forum waarop je hulp kunt krijgen.

Adonis bevat slechts 6 van de 21 support eigenschappen. Daarom krijgt het een 3/10.

Categorie 7: Simulatie-eigenschappen

Voor de simulatie zijn er in de community edition twee algoritmes beschikbaar, de path analysis en de capacity analysis. Voordat je deze algoritmes gebruikt kan je scenario's opstellen en zoals eerder vermeld kan je elk element in het model eigenschappen zoals tijden, kosten enzovoort geven. Je kan de simulaties ook opslaan en exporteren.

Adonis heeft 18 van de 54 simulatie-eigenschappen. Daarom krijgt Adonis een 3/10.

Categorie 8: Programmeren

Zelf programmeren met de software is niet mogelijk. Daarom krijgt Adonis een 0/10.

Categorie 9: Samenwerking Andere Software

De software heeft een eigen extensie die niet samen werkt met andere software maar via de website kunnen de bestanden worden geconverteerd zodat andere software de modellen toch kunnen openen. Adonis werkt samen met Excel, Word en pdf om rapporten te genereren.

Adonis kan samenwerken met 3 van de 11 opgesomde programma's en krijgt dus een 3/10 voor deze categorie.

Categorie 10: Algemene eigenschappen

De installatie van de software kan wel een tijd duren omdat het een eigen sql server installeert voor Adonis. De software zelf is niet meteen de gemakkelijkste om mee te werken maar dankzij goede tutorials en de user manual wordt het meteen gemakkelijker om te gebruiken. Er is wel enige voorkennis nodig om het programma te gebruiken maar dit is dan weer opgelost met de tutorial en de user manual. Het programma werkt enkel op Windows computers.

Voor de algemene eigenschappen categorie krijgt Adonis een 7/10.

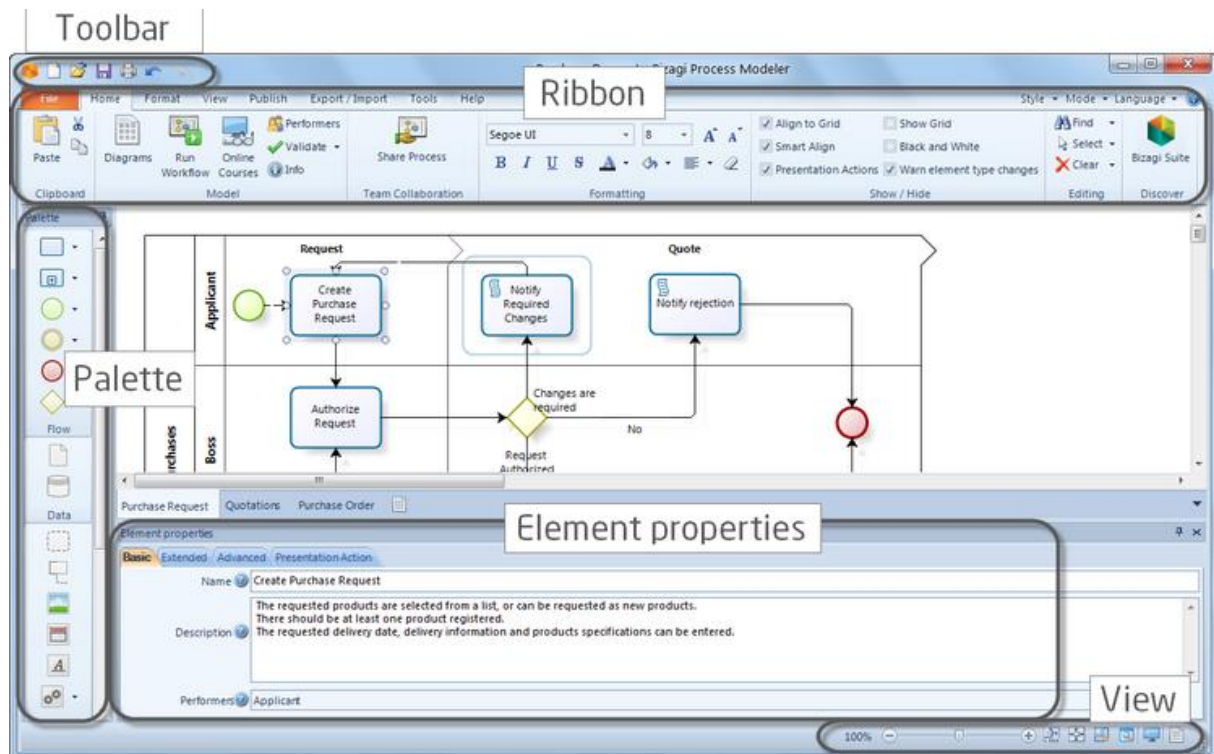
Programma 2: Bizagi

Categorie 1: Invoer

Bizagi kan verschillende soorten bestanden invoeren. Je kan bestanden van Bizagi zelf invoeren, deze hebben de extensie bpm of bpmc. Ook is het mogelijk om modellen uit Visio te importeren. Andere soorten bestanden zoals BPMN of XPDN bestanden kunnen ook worden ingevoerd. Je kan meerdere modellen in een bestand openen maar het is niet mogelijk om deze op hetzelfde moment in te laden. En het is mogelijk om Bizagi modellen op andere computers te gebruiken.

De interface is heel simpel en intuïtief. Het is vergelijkbaar met bijvoorbeeld de interface gebruikt in Word. Het bestaat uit 5 onderdelen; namelijk, Toolbar, Ribbon, Palette, Element Properties en View. Al deze onderdelen, behalve View en Toolbar, kunnen verborgen worden.

Als je naar de eigenschappen kijkt voor invoer, zie je dat het deze allemaal bevat behalve onbewerkte gegevens en groep invoer. Ook zijn er voor de interface geen problemen. En daarom krijgt Bizagi voor invoer een 7/10.



Figuur 6: De interface van Bizagi

Categorie 2: Uitvoer

Modellen kunnen door Bizagi op drie verschillende manieren worden geëxporteerd. Ten eerste als XPDI, BPMN of Visio bestand. Ten tweede als Bizagi bestand. Ten derde als afbeelding.

Alle elementen uit het model en al de info gerelateerd aan deze elementen (zoals onder andere beschrijving en resources) kunnen gegenereerd worden in een automatisch rapport. Dit rapport is een Word of een pdf bestand. De template van dit rapport kan ook zelf worden aangepast of er kan zelf een nieuw template worden gecreëerd. Andere rapporten die in Bizagi beschikbaar zijn, zijn gerelateerd aan de simulatie. Voor elk van de vijf soorten simulaties kunnen de gegevens, weergegeven in tabellen, worden geëxporteerd in een Excel bestand. Er zijn echter geen grafieken beschikbaar. Er wordt een geanimeerde grafiek getoond tijdens de simulatie van de resource analysis maar deze kan niet worden opgeslagen door Bizagi.

Bizagi bevat 10 van de 18 eigenschappen opgesomd onder de uitvoer categorie. Daarom krijgt Bizagi voor de uitvoer categorie een 5.5/10.

Categorie 3: Financiële eigenschappen

Bizagi is volledig gratis. Dit was een noodzakelijk criterium.

Categorie 4: Modellerings-eigenschappen

Bizagi kan BPMN 2.0 modellen creëren. Het maakt gebruik van het drag en drop systeem, dit kan via het palette of in het model zelf. In het model zelf is sneller omdat je voor elk element het volgende element kan kiezen. Bij het creëren van het model zelf zijn er geen foutmeldingen maar je kan het model door Bizagi laten valideren om al de fouten in het model weer te geven. Standaard eigenschappen zoals knippen, plakken, kopiëren, bubble help, undo en redo zijn beschikbaar. Ook is het mogelijk om ofwel bij elk model element commentaar te zetten, ofwel bij het model zelf. Het is ook mogelijk om zelf nieuwe elementen toe te voegen door deze als afbeelding in Bizagi te laden.

Bizagi heeft 12 van de 16 eigenschappen voor modellering en daarom krijgt het een 7.5/10.

Categorie 5: Verkoper

Bizagi heeft een reeks aan prijzen gewonnen waaronder 2 awards voor 'Excellence in BPM & Workflow' in 2014 (Bizagi website). Het bedrijf bestaat al 20 jaar en heeft grote klanten zoals Audi, AirFrance en Addidas.

Voor de verkoper categorie krijgt Bizagi een 9/10.

Categorie 6: Support

Van documentatie is er een uitgebreide user guide beschikbaar. Deze kan als pdf worden opgeslagen of geraadpleegd worden op de website. Demo modellen zijn beschikbaar via de website maar de voorbeeld modellen uit de user guide moeten zelf worden gecreëerd. Op de website is er een community forum, een troubleshooting support forum, een reeks van video tutorials en een reeks van lessen beschikbaar. Bizagi is in 3 jaar tijd 8 keer geüpdatet.

Bizagi bevat 14 van de 21 eigenschappen voor support. Daarom krijgt het een 7/10.

Categorie 7: Simulatie-eigenschappen

Voor de simulatie zijn er 5 verschillende soorten beschikbaar in Bizagi: Process validation, Time analysis, Resource analysis, Calender analysis en what-if analysis. Voor de simulatie begint moeten er onder andere verdelingen worden toegewezen. Deze kan je zelf creëren of je kan kiezen uit vooropgestelde verdelingen. Tijdens het simuleren kan er gekozen worden voor normale of hoge snelheid van simulatie. Via de Calender analysis is het mogelijk om shifts in te geven.

Bizagi heeft de helft van de eigenschappen voor simulatie en dus krijgt het een 5/10.

Categorie 8: Programmeren

Zelf programmeren met de software is niet mogelijk. Daarom krijg Bizagi een 0/10.

Categorie 9: Samenwerking Andere Software

De software heeft een eigen extensie die niet samen werkt met andere software maar modellen kunnen via andere extensies worden opgeslagen. Bizagi werkt samen met Excel en Word om rapporten te genereren.

Bizagi kan samenwerken met 3 van de 11 opgesomde programma's en krijgt dus een 3/10 voor deze categorie.

Categorie 10: Algemene eigenschappen

De installatie van Bizagi is zeer snel. Het enige aspect van de installatie dat wat langer kan duren is de verplichte registratie. Bizagi kan enkel op Windows systemen worden geïnstalleerd. Reviews van download.com en itcentral geven Bizagi een vier tot vijf op vijf. Het programma is gemakkelijk te gebruiken en is heel intuïtief.

Voor de algemene eigenschappen categorie krijgt Bizagi een 8/10.

4.2.2.3 Berekeningen

1 Pairwise comparisons

In tabel 22a en 22b worden de scores uit de Intensity of importance levels tabel gegeven aan de categorieën onderling om zo de gewichten te bepalen die deze categorieën hebben over de hele evaluatie. De scores geven aan hoe belangrijk de ene categorie ten opzichte van de andere is. De getallen tussen de haakjes zijn bekomen door de score te delen door de som van de kolom en daarna wordt het gewicht bekomen door het gemiddelde van deze getallen per rij te nemen.

Omdat Invoer, Uitvoer, Modellerings-eigenschappen en Simulatie-eigenschappen als even belangrijk worden beschouwt krijgen deze in de twee tabellen ten opzichte van elkaar de score 1. Ook krijgt elke categorie ten opzichte van zichzelf steeds de score 1 omdat ze dezelfde categorie zijn. De 4 belangrijkste categorieën krijgen dan ten opzichte van Algemene eigenschappen en Support een score van 4, dit geeft aan dat de vier categorieën meer dan gemiddeld belangrijker worden behouwt dan Algemene Eigenschappen en Support. En ten opzichte van de minst belangrijke categorieën, Verkoper en Samenwerking met andere software, krijgen deze vier categorieën een 7. Dit geeft aan dat ze veel belangrijker zijn. Programmeren behoorde ook tot de drie minst belangrijke categorieën maar aangezien beide softwarepakketten niet kunnen programmeren hoeft deze categorie ook niet voor de berekening worden gebruikt. Als laatste moeten de twee middelste categorieën en de minst belangrijke categorieën nog een score ten opzichte van elkaar krijgen. Om aan te geven dat er toch een sterk verschil in belangrijkheid is wordt er een score van 4 gegeven. Als er in de omgekeerde richting wordt vergeleken worden voorgaande scores omgekeerd. Dus een 7 wordt dan een 1/7.

	Inv	Uitv	Mod	Verk
Invoer	1 (0.21)	1 (0.21)	1 (0.21)	7 (0.18)
Uitvoer	1 (0.21)	1 (0.21)	1 (0.21)	7 (0.18)
Modellerings eigenschappen	1 (0.21)	1 (0.21)	1 (0.21)	7 (0.18)
Verkoper	1/7 (0.03)	1/7 (0.03)	1/7 (0.03)	1 (0.03)
Support	1/4 (0.05)	1/4 (0.05)	1/4 (0.05)	4 (0.11)
Simulatie- eigenschappen	1 (0.21)	1 (0.21)	1 (0.21)	7 (0.18)
Samenwerking andere software	1/7 (0.03)	1/7 (0.03)	1/7 (0.03)	1 (0.03)
Algemene eigenschappen	1/4 (0.05)	1/4 (0.05)	1/4 (0.05)	4 (0.11)
Som	4.79	4.79	4.79	38

Tabel 22a: Pairwise comparison van de categorieën

	Sup	Sim	Sam	Alg	Gewicht
Invoer	4 (0.22)	1 (0.21)	7 (0.18)	4 (0.22)	0.205
Uitvoer	4 (0.22)	1 (0.21)	7 (0.18)	4 (0.22)	0.205
Modellerings eigenschappen	4 (0.22)	1 (0.21)	7 (0.18)	4 (0.22)	0.205
Verkoper	1/4 (0.01)	1/7 (0.03)	1 (0.03)	1/4 (0.01)	0.025
Support	1 (0.05)	1/4 (0.05)	4 (0.11)	1 (0.05)	0.065
Simulatie- eigenschappen	4 (0.22)	1 (0.21)	7 (0.18)	4 (0.22)	0.205
Samenwerking andere software	1/4 (0.01)	1/7 (0.03)	1 (0.03)	1/4 (0.01)	0.025
Algemene eigenschappen	1 (0.05)	1//4 (0.05)	4 (0.11)	1 (0.05)	0.065
Som	18.50	4.79	38	18.50	

Tabel 22b: Pairwise comparison van de categorieën

Labels voor de tabel:

Inv: Invoer

Uitv: Uitvoer

Mod: Modellerings eigenschappen

Verk: Verkoper

Sup: Support

Sim: Simulatie-eigenschappen

Sam: Samenwerking andere software

Alg: Algemene eigenschappen

In tabel 23a tot 23h worden de Intensity of Importance scores weergegeven per categorie. De twee softwareprogramma's worden per categorie met elkaar vergeleken. De getallen tussen de haakjes zijn bekomen door de score te delen door de som van de kolom en daarna wordt het gewicht bekomen door het gemiddelde van deze getallen per rij te nemen. Om aan de Intensity of Importance score te geraken wordt het verschil tussen de 2 scores per categorie vergeleken. Het verschil tussen de score op invoer van Adonis en Bizagi is 1.5 dus krijgt Adonis een 3 ten opzichte van Bizagi en omgekeerd krijgt Bizagi een 1/3. Voor de Uitvoer categorie was het verschil 1 in het voordeel van Bizagi en daardoor worden de scores 1/2 en 2. Voor modellering is het verschil 2 waardoor de score 1/3 en 3 is. Het verschil bij verkoper bedraagt 1, de score is dus 1/2 en 2. Voor de Support categorie is het verschil 4 punten en daarom worden de scores 1/5 en 5. Voor simulatie is het verschil 2 en de scores zijn dan 1/3 en 3. De scores voor samenwerking met andere software zijn gelijk dus krijgen beide een score van 1. Het verschil voor Algemene eigenschappen is 1 waardoor de score 1/2 en 2 is.

	Adonis	Bizagi	Gewicht
Adonis	1 (0.75)	3 (0.75)	0.75
Bizagi	1/3 (0.25)	1 (0.25)	0.25
Som	1.33	4	

Tabel 23a: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Invoer categorie

	Adonis	Bizagi	Gewicht
Adonis	1 (0.33)	1/2 (0.33)	0.33
Bizagi	2 (0.67)	1 (0.67)	0.67
Som	3	1.50	

Tabel 23b: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Uitvoer categorie

	Adonis	Bizagi	Gewicht
Adonis	1 (0.25)	1/3 (0.25)	0.25
Bizagi	3 (0.75)	1 (0.75)	0.75
Som	4	1.33	

Tabel 23c: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Modellerings-eigenschappen categorie

	Adonis	Bizagi	Gewicht
Adonis	1 (0.33)	1/2 (0.33)	0.33
Bizagi	2 (0.67)	1 (0.67)	0.67
Som	3	1.50	

Tabel 23d: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Verkoper categorie

	Adonis	Bizagi	Gewicht
Adonis	1 (0.17)	1/5 (0.17)	0.17
Bizagi	5 (0.83)	1 (0.83)	0.83
Som	6	1.20	

Tabel 23e: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Support categorie

	Adonis	Bizagi	Gewicht
Adonis	1 (0.25)	1/3 (0.25)	0.25
Bizagi	3 (0.75)	1 (0.75)	0.75
Som	4	1.33	

Tabel 23f: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Simulatie-eigenschappen categorie

	Adonis	Bizagi	Gewicht
Adonis	1 (0.50)	1 (0.50)	0.50
Bizagi	1 (0.50)	1 (0.50)	0.50
Som	2	2	

Tabel 23g: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Samenwerking andere software categorie

	Adonis	Bizagi	Gewicht
Adonis	1 (0.33)	1/2 (0.33)	0.33
Bizagi	2 (0.67)	1 (0.67)	0.67
Som	3	1.50	

Tabel 23h: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Algemene eigenschappen categorie

2 Score per programma

	Inv (0.205)	Uitv (0.205)	Mod (0.205)	Verk (0.025)
Adonis	0.75	0.33	0.25	0.33
Bizagi	0.25	0.67	0.75	0.67

Tabel 24a: Score berekening met de gewichten

	Sup (0.065)	Sim (0.205)	Sam (0.025)	Alg (0.065)	Score
Adonis	0.17	0.25	0.50	0.33	0.38
Bizagi	0.83	0.75	0.50	0.67	0.62

Tabel 24b: Score berekening met de gewichten

Met de gewichten uit tabellen 22 en 23 wordt de uiteindelijke eindscore per alternatief berekend. Tussen de haakjes staan de gewichten per categorie uit tabellen 22a en 22b. Daaronder staat per rij het gewicht per categorie voor elk programma. Deze komen uit tabellen 23a tot 23h.

Voorbeeld berekening van Adonis:

$$0.205 * 0.75 + 0.205 * 0.33 + 0.205 * 0.25 + 0.025 * 0.33 + 0.065 * 0.17 + 0.205 * 0.25 + 0.025 * 0.50 + 0.065 * 0.33 = 0.38$$

Omdat Bizagi de hoogste score heeft wordt aangeraden dat Bizagi wordt gebruikt.

4.2.3 Scenario 2

4.2.3.1 Situatieschets

De situatie is gelijkaardig aan het eerste scenario. Het enige verschil met dit scenario is een van de noodzakelijk criteria. De software moet in deze situatie niet freeware zijn.

De belangrijkste eigenschappen van de software komen van de Invoer, Uitvoer, Simulatie-eigenschappen en modelleringseigenschappen. Deze vier zijn even belangrijk. Iets minder belangrijk zijn de Algemene Eigenschappen, Financiële eigenschappen en Support. En de minst belangrijke zijn Programmeren, Samenwerking met andere software en Verkoper.

Dankzij de twee noodzakelijk criteria zijn er drie programma's gevonden die deze bevatten. Deze zijn Accuporcess, Visual Paradigm en BPMN Web Modeler. Omdat de commerciële versie van Adonis en Aris reeds in een andere paper door Beerten werd vergeleken zijn deze twee niet toegevoegd. Ook werd er geen trial versie gevonden voor de Cosa suite.

4.2.3.2 Beoordeling programma's

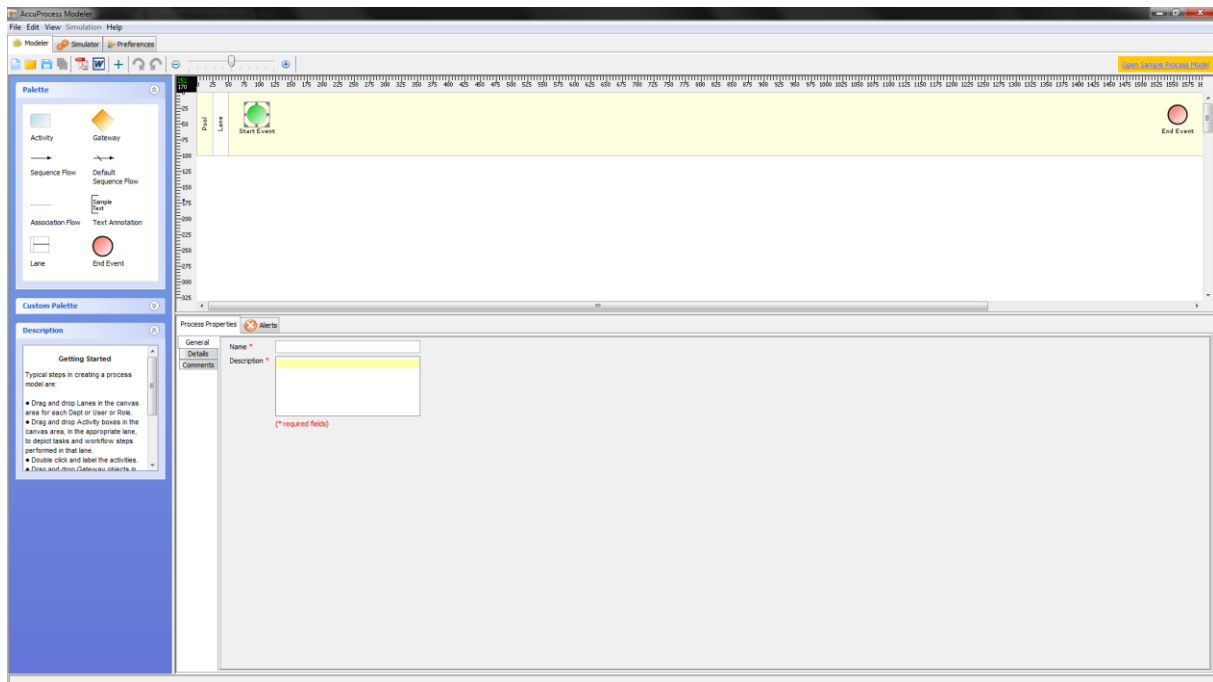
Programma 1: Accuprocess

Categorie 1: Invoer

Accuprocess kan slechts twee soorten modellen invoeren. Modellen met de pm extensie en modellen van Visio. De pm extensie is eigen aan Accuprocess.

De interface bestaat uit 10 onderdelen. Afhankelijk van de keuze tussen modeller, simulator en preferences zal het scherm er anders uit zien. Het is mogelijk om de verschillende onderdelen van grootte te veranderen of te verbergen.

Als je naar de eigenschappen kijkt voor invoer, zie je dat Accuprocess slechts 2 van de 6 eigenschappen bevat. Met de interface zijn er geen problemen. En daarom krijgt Accuprocess voor invoer een 3.5/10.



Figuur 7: De interface van Accuprocess

Categorie 2: Uitvoer

De modellen uit Accuprocess kunnen opgeslagen worden als pm bestand, als afbeelding of als afbeelding in een Word, Pdf of Xml bestand. Het model kan ook in een automatisch rapport gegenereerd worden als een Word of Pdf bestand. Hierin wordt het model en al de gegevens van de elementen weergegeven.

Voor de simulatie kan er een algemeen rapport worden gegenereerd. Hierin worden gegevens van het volledige model en de gegevens van elke element apart weergegeven (zoals tijd, kost,...). In dit rapport wordt ook een grafische analyse weergegeven. Dit rapport wordt opgeslagen als html bestand.

Accuprocess bevat 9 van de 18 eigenschappen opgesomd onder de uitvoer categorie. Daarom krijgt Accuprocess voor de uitvoer categorie een 5/10.

Categorie 3: Financiële eigenschappen

Accuprocess is te koop tegen een prijs van \$1299. Voor toegang tot het support team moet er jaarlijks \$200 betaald worden. Omdat dit het goedkoopste pakket van de drie is krijgt Accuprocess een 10/10.

Categorie 4: Modellerings-eigenschappen

Accuprocess kan BPMN 2.0 modellen creëren. Dit gebeurt via een normaal drag en drop systeem vanuit het palette menu. Fouten in het model worden onmiddellijk weergegeven in het properties and alerts menu. De standaard eigenschappen zoals knippen, plakken, kopiëren, bubble help, undo en redo zijn beschikbaar. Voor het modelleren kun je ook zelf afbeeldingen uploaden om te gebruiken als modelementen. Ook is het mogelijk om commentaar te plaatsen voor elk element en voor het gehele model. Het is ook mogelijk om meerdere schermen met verschillende modellen op hetzelfde moment open te hebben.

Accuprocess heeft 13 van de 16 eigenschappen voor modellering en daarom krijgt het een 8/10.

Categorie 5: Verkoper

Accuprocess bestaat al zes jaar. Ze hebben geen grote klanten maar geven wel aan op hun website dat ze honderden klanten hebben. En er zijn geen reviews over het bedrijf of awards voor het bedrijf gevonden.

Accuprocess krijgt een 6/10 voor de verkoper categorie.

Categorie 6: Support

Er is een uitgebreide user guide beschikbaar op de website. Ook zijn er online video tutorials en pdf tutorials te vinden. Als betalende klant is er ook support via email beschikbaar tijdens de werkuren in de Verenigde Staten. Na de installatie is er ook toegang tot twee demo modellen.

Accuprocess bevat 9 van de 21 eigenschappen voor support. Daarom krijgt het een 5/10.

Categorie 7: Simulatie-eigenschappen

Voor de simulatie is er enkel de simulatie van scenario's beschikbaar. Hierbij worden wel tijdanalyses en calender analyses gedaan. De snelheid van de simulatie kan worden aangepast en het is onder andere mogelijk om meerdere simulaties op hetzelfde moment uit te voeren.

Accuprocess heeft de helft van de eigenschappen voor simulatie en dus krijgt het een 5/10.

Categorie 8: Programmeren

Zelf programmeren met de software is niet mogelijk. Daarom krijg Accuprocess een 0/10.

Categorie 9: Samenwerking Andere Software

De software heeft een eigen extensie die niet samen werkt met andere software. Accuprocess werkt samen met pdf en Word om rapporten te genereren.

Accuprocess kan samenwerken met 1 van de 11 opgesomde programma's en krijgt dus een 1/10 voor deze categorie.

Categorie 10: Algemene eigenschappen

De installatie van Accuprocess is zeer snel. Het kan op Windows, Linux en MacOS systemen werken. En er zijn geen reviews gevonden op het internet over Accuprocess.

Voor de algemene eigenschappen categorie krijgt Accuprocess een 5/10.

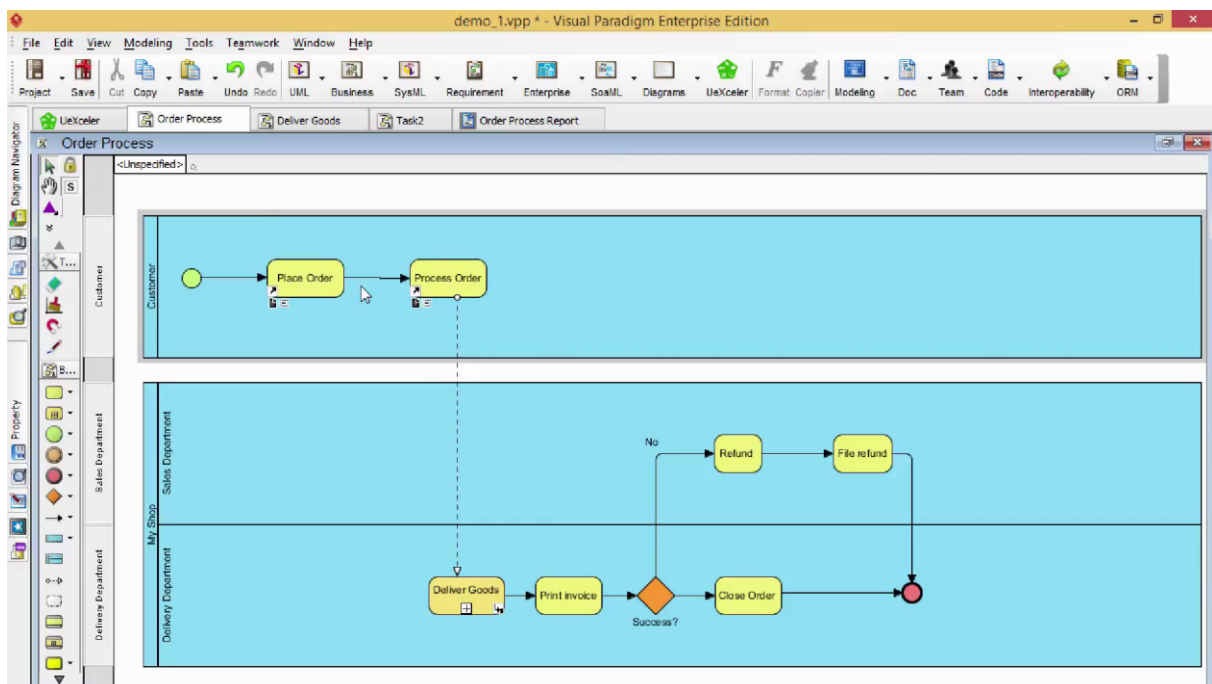
Programma 2: Visual Paradigm

Categorie 1: Invoer

Visual Paradigm kan een hele reeks van bestandstypes importeren. Zo kunnen er onder andere XML, BPMN2.0, Bizagi en Visio modellen worden ingevoerd.

De interface zelf is zeer overzichtelijk. Er wordt gebruik gemaakt van een standaardmenu zoals bij de meeste programma's met verschillende submenu's.

Als je naar de eigenschappen kijkt voor invoer, zie je dat het deze allemaal bevat behalve onbewerkte gegevens en groep invoer. Ook zijn er voor de interface geen problemen. En daarom krijgt Visual Paradigm voor invoer een 7/10.



Figuur 8: De interface van Visual Paradigm

Categorie 2: Uitvoer

Net zoals bij de invoer is er weer een hele reeks van bestandstypes mogelijk om te exporteren. XML, XMI, Microsoft Excel en BPM2.0 bestanden kunnen onder meer worden geëxporteerd.

Je kan met de software ook standaardrapporten voor pdf, Word en html generen. Daarnaast is het zelfs mogelijk om zelf rapporten op te stellen. Bij de simulatie zijn er ook zes verschillende grafieken beschikbaar over de simulatie die opgeslagen kunnen worden als afbeelding of Excel bestand. Deze grafieken kunnen zelfs worden opgeslagen tijdens een simulatie.

Visual Paradigm bevat 13 van de 18 eigenschappen opgesomd onder de uitvoer categorie. Daarom krijgt het voor de uitvoer categorie een 7/10.

Categorie 3: Financiële eigenschappen

De editie die ook process simulatie bevat kost \$69 per maand of is te koop tegen een eenmalig betaling van \$1399. Om toegang te krijgen tot mogelijke updates die worden uitgevoerd moet er jaarlijks \$279,50 betaald worden. Het verschil van prijs met Accuprocess is bijna 200 euro. Daarom krijgt Visual Paradigm een 8/10.

Categorie 4: Modellerings-eigenschappen

Visual Paradigm kan BPMN 2.0 modellen creëren. Dit kan aan de hand van een drag and drop systeem waarbij je de elementen uit een menu kiest. Je kan elk element een groot aantal opties toe wijzen en deze kunnen ook voorzien worden van commentaar. De standaard-eigenschappen zoals knippen, plakken, kopiëren, bubble help, undo en redo zijn beschikbaar.

Visual Paradigm heeft 10 van de 16 eigenschappen voor modellering en daarom krijgt het een 6/10.

Categorie 5: Verkoper

Visual Paradigm heeft een hele lijst aan awards gewonnen voor hun software en een aantal populaire bedrijven zoals Apple en Intel maken gebruik van hun service. Het programma bestaat al meer dan 5 jaar en zit al aan de 12^{de} editie.

Visual Paradigm krijgt een 8/10 voor de verkoper categorie.

Categorie 6: Support

De support van Visual Paradigm is zeer uitgebreid. Er is een user guide, een hele reeks van youtube tutorial video's, training lessen van zes uur en technische support. Het programma heeft al 46 updates en 11 upgrades ontvangen met ook maandelijks kleine build updates die niet als echte update zijn geteld.

Visual Paradigm bevat 15 van de 21 eigenschappen voor support. Daarom krijgt het een 7/10.

Categorie 7: Simulatie-eigenschappen

Simulatie gebeurt volgens scenario's die zelf kunnen worden opgesteld. Deze scenario's kunnen opgeslagen worden en er zijn zes verschillende grafieken beschikbaar die kosten en tijden weergeven. Deze grafieken kunnen ook worden opgeslagen.

Visual Paradigm heeft 12 van de 54 eigenschappen voor simulatie en dus krijgt het een 2/10.

Categorie 8: Programmeren

Zelf programmeren met de software is niet mogelijk. Daarom krijg Visual Paradigm een 0/10.

Categorie 9: Samenwerking Andere Software

Zoals besproken onder de invoer en uitvoer categorie kan de output van het programma werken in andere programma's en kunnen modellen uit andere programma's ook worden ingevoerd. En er is geen expliciete samenwerking met andere software.

Visual Paradigm kan samenwerken met 5 van de 11 opgesomde programma's en krijgt dus een 4.5/10 voor deze categorie.

Categorie 10: Algemene eigenschappen

Het programma werkt op Windows/Linux/Mac OS en is vanaf het begin gemakkelijk om te gebruiken. Het is mogelijk om zelf plug-ins aan Visual Paradigm toe te voegen. Reviews op sites zoals bpmn.tools, macupdate en sysml.tools variëren tussen 3 en 4 op 5.

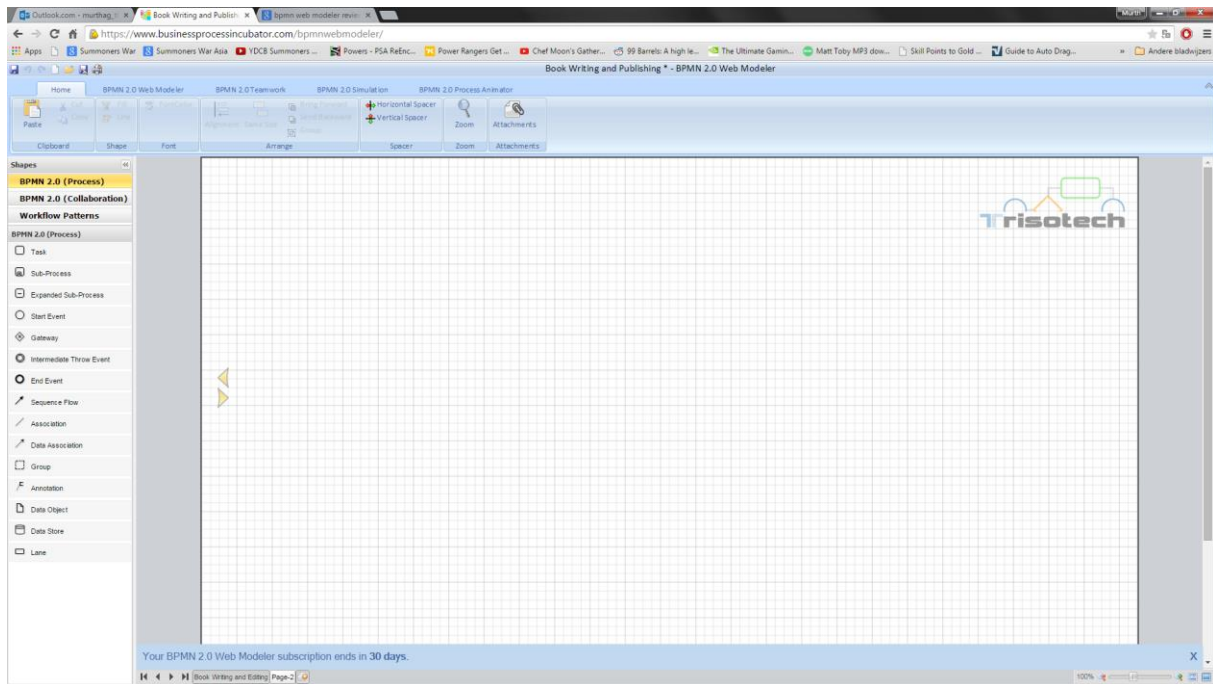
Voor algemene eigenschappen krijgt Visual Paradigm een 8/10.

Programma 3: BPMN Web Modeler

Categorie 1: Invoer

Voor de invoer is er een mogelijkheid om BPMN, XPD, Microsoft Project en Microsoft Visio bestanden in te voeren in het programma. De interface zelf ziet er heel clean uit met vijf menu's bovenaan en links van het werkblad staat een menu voor drag en drop modellering. Alle opties zijn gemakkelijk terug te vinden en als de menu's in de weg zitten kunnen deze gewoon geminimaliseerd worden.

De BPMN Web Modeler heeft drie van de zes eigenschappen van de invoer categorie. Daarom krijgt de BPMN Web Modeler een 5/10.



Figuur 9: De interface van BPMN Web Modeler

Categorie 2: Uitvoer

Voor de uitvoer is er de mogelijkheid om het model als BPMN, XPD, BPEL of Microsoft Visio bestand uit te voeren. Ook is er de mogelijkheid om het model als afbeelding op te slaan. Daarnaast kunnen de modellen ook in de cloud worden opgeslagen. Het is echter niet mogelijk om rapporten op te slaan of te genereren. Als je informatie in verband met de simulatie wilt opslaan moet je dat zelf manueel doen.

BPMN Web Modeler bevat slechts 1 van de 18 eigenschappen van de uitvoer categorie uitvoer en krijgt daarom een 0.5/10.

Categorie 3: Financiële eigenschappen

Het programma heeft een gratis trial van 30 dagen. Tijdens deze trial kunnen er dagelijks maar een beperkt aantal simulaties worden uitgevoerd zonder te betalen. Voor 30\$ per maand heb je een volledige versie. Maar opnieuw zullen het aantal simulaties dat je kan uitvoeren per tijdsperiode beperkt zijn behalve als er bijbetaald wordt. Voor 30\$ extra per maand kan je ongelimiteerd simuleren.

Maandelijks is het programma wel 9 euro goedkoper maar als het programma langer dan twee jaar gebruikt wordt zal het toch duurder worden. Daarom krijgt BPMN Web Modeler een 7/10.

Categorie 4: Modellerings-eigenschappen

Met het programma is het mogelijk om BPMN 2.0 modellen te creëren. Het is simpel te gebruiken via drag en drops. Sommige workflow patterns zijn zelfs beschikbaar om te plaatsen in het model, zo kunnen de modellen zeer snel gebouwd worden. In het model zelf is het ook simpel om verder te bouwen door op het element te klikken en dan te kiezen uit de bouwstenen. Het is ook mogelijk om het model te valideren tegen de BPMN 2.0 specificatie. En commentaar kan worden toegevoegd voor het hele model en voor elk element apart. Ook de standaard-eigenschappen zoals knippen, plakken, kopiëren, bubble help, undo en redo zijn beschikbaar.

Het programma heeft 13 van de 16 eigenschappen voor modellering en daarom krijgt het een 8/10.

Categorie 5: Verkoper

Op de website zelf geeft Trisotech aan dat ze marktleider zijn en al 10 jaar ervaring hebben. Ze hebben geen awards gewonnen en er zijn geen reviews over het bedrijf gevonden.

Voor deze categorie krijgt de BPMN Web Modeler een 6/10.

Categorie 6: Support

Updates gebeurden maandelijks in 2014 maar in 2015 zijn er geen updates meer uitgevoerd. Er zijn een aantal support video's beschikbaar maar het aantal is beperkt en er is geen toegang tot demo modellen of een handleiding. Bij problemen kan je enkel in het programma zelf feedback geven of via een contactformulier op de website kan je vragen stellen.

BPMN Web Modeler bevat 5 van de 21 eigenschappen voor support. Daarom krijgt het een 2.5/10.

Categorie 7: Simulatie-eigenschappen

Voor de simulatie is er keuze tussen drie default simulaties. Het is ook mogelijk om zelf scenario's op te stellen. Voor elke activiteit, gateways, sequence flows en start/end events kan je tijden, kosten, prioriteiten en kansverdelingen op stellen. Deze scenario's kunnen wel niet opgeslagen worden.

Het programma heeft 3 van de 54 eigenschappen voor simulatie en dus krijgt het een 0.5/10.

Categorie 8: Programmeren

Zelf programmeren met de software is niet mogelijk. Daarom krijg BPMN Web Modeler een 0/10.

Categorie 9: Samenwerking Andere Software

De software gebruikt geen eigen extensie dus kunnen de modellen werken in andere software, zoals ook aangegeven bij de categorieën invoer en uitvoer.

De BPMN Web Modeler kan samenwerken met 1 van de 11 programma's opgegeven onder deze categorie en daarom krijgt een 1/10.

Categorie 10: Algemene eigenschappen

Voor de software is er geen installatie nodig. Ze laad gewoon in je webbrowser. Het programma is simpel in gebruik en er zijn niet echt moeilijkheden buiten het opslaan van Simulatie-eigenschappen, wat niet mogelijk is. Er zijn geen reviews beschikbaar over het programma.

Voor de algemene eigenschappen krijgt de BPMN Web Modeler een 5/10.

4.2.3.3 Berekeningen

1 Pairwise comparison

	Inv	Uitv	Fin	Mod	Verk
Invoer	1 (0.20)	1 (0.20)	4 (0.20)	1 (0.20)	7 (0.16)
Uitvoer	1 (0.20)	1 (0.20)	4 (0.20)	1 (0.20)	7 (0.16)
Financiële Eigenschappen	1/4 (0.05)	1/4 (0.05)	1 (0.05)	1/4 (0.05)	4 (0.10)
Modellerings eigenschappen	1 (0.20)	1 (0.20)	4 (0.20)	1 (0.20)	7 (0.16)
Verkoper	1/7 (0.03)	1/7 (0.03)	1/4 (0.01)	1/7 (0.03)	1 (0.02)
Support	1/4 (0.05)	1/4 (0.05)	1 (0.05)	1/4 (0.05)	4 (0.10)
Simulatie- eigenschappen	1 (0.20)	1 (0.20)	4 (0.20)	1 (0.20)	7 (0.16)
Samenwerking andere software	1/7 (0.03)	1/7 (0.03)	1/4 (0.01)	1/7 (0.03)	1 (0.02)
Algemene eigenschappen	1/4 (0.05)	1/4 (0.05)	1 (0.05)	1/4 (0.05)	4 (0.10)
Som	5.04	5.04	19.50	5.04	42

Tabel 25a: Pairwise comparison van de categorieën

	Sup	Sim	Sam	Alg	Gewicht
Invoer	4 (0.20)	1 (0.20)	7 (0.16)	4 (0.20)	0.19
Uitvoer	4 (0.20)	1 (0.20)	7 (0.16)	4 (0.20)	0.19
Financiële Eigenschappen	1 (0.05)	1/4 (0.05)	4 (0.10)	1 (0.05)	0.06
Modellerings eigenschappen	4 (0.20)	1 (0.20)	7 (0.16)	4 (0.20)	0.19
Verkoper	1/4 (0.01)	1/7 (0.03)	1 (0.02)	1/4 (0.01)	0.03
Support	1 (0.05)	1/4 (0.05)	4 (0.10)	1 (0.05)	0.06
Simulatie- eigenschappen	4 (0.20)	1 (0.20)	7 (0.16)	4 (0.20)	0.19
Samenwerking andere software	1/4 (0.01)	1/7 (0.03)	1 (0.02)	1/4 (0.01)	0.03
Algemene eigenschappen	1 (0.05)	1/4 (0.05)	4 (0.10)	1 (0.05)	0.06
Som	19.50	5.04	42	19.50	

Tabel 25b: Pairwise comparison van de categorieën

De redenering achter de scores is hetzelfde als bij scenario 1. Bij dit scenario horen de Financiële eigenschappen bij de middelste groep categorieën (en Fin= Financiële eigenschappen).

Het verschil in scores op invoer tussen Accuprocess en Visual Paradigm is - 3.5, hierdoor worden de scores ten opzichte van elkaar 1/5 en 5. Het verschil tussen Accuprocess en BPMN Web Modeler is 1.5 ten voordele van BPMN Web Modeler waardoor de scores 1/3 en 3 worden. En het verschil tussen Visual Paradigm en BPMN Web Modeler is 2. De scores zijn dan 1/3 en 3.

	Accuprocess	Visual Paradigm	BPMN web	Gewicht
Accuprocess	1 (0.11)	1/5 (0.13)	1/3 (0.08)	0.11
Visual Paradigm	5 (0.56)	1 (0.65)	3 (0.69)	0.63
BPMNweb	3 (0.33)	1/3 (0.22)	1 (0.23)	0.26
Som	9	1.53	4.33	

Tabel 26a: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Invoer categorie

Voor de categorie Uitvoer is het verschil tussen Accuprocess en Visual Paradigm -2. Accuprocess krijgt dus een 1/3 ten opzichte van Visual Paradigm en omgekeerd krijgt Visual Paradigm dan een 3. Tussen Accuprocess en BPMN Web Modeler is het verschil 4.5 waardoor de scores 6 en 1/6 zullen bedragen. Voor Visual Paradigm en BPMN Web Modeler is het verschil 6.5. De scores zullen dus 8 en 1/8 bedragen.

	Accuprocess	Visual Paradigm	BPMN web	Gewicht
Accuprocess	1 (0.24)	1/3 (0.23)	6 (0.40)	0.29
Visual Paradigm	3 (0.72)	1 (0.69)	8 (0.53)	0.65
BPMNweb	1/6 (0.04)	1/8 (0.08)	1 (0.07)	0.06
Som	4.17	1.46	15	

Tabel 26b: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Uitvoer categorie

Voor de Financiële eigenschappen categorie bedraagt het verschil in scores tussen Accuprocess en Visual Paradigm 2 punten. Daardoor zullen de scores 3 en 1/3 zijn. Voor Accuprocess en BPMN Web Modeler is het verschil 3 en zullen de scores dus 4 en 1/4 zijn. En tussen Visual Paradigm en BPMN Web Modeler is het verschil 1 waardoor de scores 2 en 1/2 zijn.

	Accuprocess	Visual Paradigm	BPMN web	Gewicht
Accuprocess	1 (0.63)	3 (0.67)	4 (0.57)	0.62
Visual Paradigm	1/3 (0.21)	1 (0.22)	2 (0.28)	0.24
BPMNweb	1/4 (0.16)	1/2 (0.11)	1 (0.14)	0.14
Som	1.58	4.50	7	

Tabel 26c: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Financiële eigenschappen categorie

Het verschil tussen Accuprocess en Visual Paradigm en tussen BPMN Web Modeler en Visual Paradigm voor de Modellerings-eigenschappen categorie is 2. De scores zijn dus 3 en 1/3. Omdat de scores tussen Accuprocess en BPMN Web Modeler gelijk zijn, zijn de scores 1 en 1.

	Accuprocess	Visual Paradigm	BPMN web	Gewicht
Accuprocess	1 (0.43)	3 (0.43)	1 (0.43)	0.43
Visual Paradigm	1/3 (0.14)	1 (0.14)	1/3 (0.14)	0.14
BPMNweb	1 (0.43)	3 (0.43)	1 (0.43)	0.43
Som	2.33	7	2.33	

Tabel 26d: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Modellerings-eigenschappen categorie

Voor de Verkoper categorie zijn de scores van Accuprocess en BPMN Web Modeler gelijk. Ze krijgen dus beide ten opzichte van elkaar de score 1. Het verschil tussen de twee en Visual Paradigm is dan in beide gevallen ook - 2 en de scores zijn dan respectievelijk 1/3 en 3.

	Accuprocess	Visual Paradigm	BPMN web	Gewicht
Accuprocess	1 (0.20)	1/3 (0.20)	1 (0.20)	0.20
Visual Paradigm	3 (0.60)	1 (0.60)	3 (0.60)	0.60
BPMNweb	1 (0.20)	1/3 (0.20)	1 (0.20)	0.20
Som	5	1.67	5	

Tabel 26e: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Verkoper categorie

Het verschil in de Support categorie tussen Accuprocess en Visual Paradigm is -2. Daarom zijn de scores 1/3 en 3. Tussen Accuprocess en BPMN Web Modeler is het verschil 2.5 waardoor de scores 4 en 1/4 bedragen. Voor Visual Paradigm en BPMN Web Modeler is het verschil 4.5 hierdoor zijn de scores 6 en 1/6.

	Accuprocess	Visual Paradigm	BPMN web	Gewicht
Accuprocess	1 (0.23)	1/3 (0.22)	4 (0.36)	0.27
Visual Paradigm	3 (0.71)	1 (0.67)	6 (0.54)	0.64
BPMNweb	1/4 (0.06)	1/6 (0.11)	1 (0.10)	0.09
Som	4.25	1.50	11	

Tabel 26f: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Support categorie

Voor de Simulatie-eigenschappen categorie bedraagt het verschil tussen Accuprocess en Visual Paradigm 3 punten. De scores zijn dus 4 en 1/4. Tussen Accuprocess en BPMN Web Modeler is het verschil 4.5. Daardoor zijn de scores 6 en 1/6. Voor Visual Paradigm en BPMN WEB Modeler is het verschil 1.5 en zijn de scores 3 en 1/3.

	Accuprocess	Visual Paradigm	BPMN web	Gewicht
Accuprocess	1 (0.71)	4 (0.75)	6 (0.60)	0.68
Visual Paradigm	1/4 (0.17)	1 (0.19)	3 (0.30)	0.22
BPMNweb	1/6 (0.12)	1/3 (0.06)	1 (0.10)	0.10
Som	1.42	5.33	10	

Tabel 26g: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Simulatie-eigenschappen categorie

Er is geen verschil tussen Accuprocess en BPMN Web Modeler voor de Samenwerking met andere software categorie. De scores zijn dus 1 en 1. Het verschil van deze twee met Visual Paradigm bedraagt -3.5 punten. Daardoor zijn de scores 1/5 en 5.

	Accuprocess	Visual Paradigm	BPMN web	Gewicht
Accuprocess	1 (0.14)	1/5 (0.14)	1 (0.14)	0.14
Visual Paradigm	5 (0.72)	1 (0.72)	5 (0.72)	0.72
BPMNweb	1 (0.14)	1/5 (0.14)	1 (0.14)	0.14
Som	7	1.40	7	

Tabel 26h: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Samenwerking andere software categorie

In de laatste categorie zijn Accuprocess en BPMN Web Modeler weer gelijk in scores. Ze krijgen beide een 1. En het verschil tussen de twee en Visual Paradigm is -3 en hierdoor zijn de scores 1/4 en 4.

	Accuprocess	Visual Paradigm	BPMN web	Gewicht
Accuprocess	1 (0.17)	1/4 (0.17)	1 (0.17)	0.17
Visual Paradigm	4 (0.66)	1 (0.66)	4 (0.66)	0.66
BPMNweb	1 (0.17)	1/4 (0.17)	1 (0.17)	0.17
Som	6	1.50	6	

Tabel 26i: Pairwise comparison van de alternatieven tegen de Algemene eigenschappen categorie

2 Score per programma

	Inv (0.19)	Uitv (0.19)	Fin (0.06)	Mod (0.19)	Verk (0.03)
Accuprocess	0.11	0.29	0.62	0.43	0.20
VP	0.63	0.65	0.42	0.14	0.60
BPM	0.26	0.06	0.14	0.43	0.20

Tabel 27a: Score berekening met de gewichten

	Sup (0.06)	Sim (0.19)	Sam (0.03)	Alg (0.06)	Score
Accuprocess	0.27	0.68	0.14	0.17	0.36
VP	0.64	0.22	0.72	0.66	0.45
BPM	0.09	0.10	0.14	0.17	0.19

Tabel 27b: Score berekening met de gewichten

Het alternatief met de beste score is Visual Paradigm en aangeraden om te kopen.

4.3 Conclusie

Voor scenario 1 wordt Bizagi aangeraden en voor scenario 2 wordt Visual Paradigm aangeraden. Om te kunnen evalueren zijn er trial versies van programma's nodig. Want anders is het moeilijk om de rating criteria te beoordelen. Het is ook moeilijk om sommige eigenschappen criteria in te schatten.

Wat opviel is dat geen van de programma's programmeermogelijkheden hadden, het is dus mogelijk dat deze categorie eerder bij discrete event simulatie programma's hoort.

In het voorbeeld was bij beide evaluatietechnieken hetzelfde programma het beste alternatief. Bij de AHP methode was het verschil tussen de twee programma's wel duidelijker. Dit is waarschijnlijk omdat het moeilijk is bij de WSM om de gewichten duidelijk voor te stellen. Zelfs met slechts zes categorieën zullen de gewichten dichter bij elkaar liggen omdat deze verdeeld zijn over 100%. Terwijl bij AHP de gewichten door de methode bepaald worden en duidelijker de verschillen kunnen weergeven.

Hoofdstuk 5 Conclusie

In deze masterproef is er een framework gecreëerd dat gebruik maakt van een groot aantal criteria die omvat zijn in tien categorieën. Aan de hand van de Analytical Hierarchy Process techniek of de Weighed Scoring Method kunnen personen verschillende business process simulatie software met elkaar vergelijken en bepalen welke van de alternatieven de beste keuze voor hun is. Dit is het antwoord op de centrale onderzoeksvraag van deze masterproef: "Hoe kunnen we simulatiesoftware vergelijken om te bepalen welke het meest geschikt is om business processen te simuleren?"

Belangrijk is wel dat er ten eerste door de gebruiker, voordat deze begint met het vergelijken van verschillende software, wordt nagedacht over wat er precies gewenst wordt van de software en ook een budget opstelt waarbinnen de software hoort te vallen.

Anders dan bij andere papers kan er zelf gekozen worden om bepaalde categorieën van criteria of criteria zelf uit te sluiten bij de vergelijking. Via de Weighted Scoring Method kunnen er zelf gewichten gekozen worden en via de Analytical Hierarchy process techniek worden deze berekend via de intensity of importance scores. Een ander onderscheid van de twee technieken is de tijd die vereist is om deze uit te voeren. Bij de WSM techniek zijn er minder berekeningen vereist dan bij de AHP techniek. Dus als tijd of andere resources beperkt zijn, kan er beter gekozen worden om de WSM techniek te gebruiken. Als er echter wel van de AHP techniek gebruik wil gemaakt worden dan kan er ook een evaluatie gebeuren op enkel de categorieën van criteria of een beperkt aantal criteria om het aantal berekeningen tot een minimum te houden. Een andere optie zou decision making software zijn, met deze software kunnen ook andere evaluatiemethoden worden gebruikt en worden de berekening sneller uitgevoerd waardoor een uitgebreide AHP berekening mogelijk is.

Dit framework is echter niet perfect. Hlupic (1993) gaf aan dat er steeds verandering mogelijk en nodig is. De criteria en categorieën die in deze masterproef beschreven zijn, komen hoofdzakelijk uit vergelijking en bestudering van verschillende papers die handelden over het vergelijken en evalueren van (discrete event simulatie) software. Deze lijst zou beter kunnen worden uitgebreid door specialisten in hun onderwerp. Zo kunnen de modellering, simulatie en programmeren criteria nog uitgebreid worden.

Andere criteria die misschien kunnen worden toegevoegd zijn criteria met betrekking tot andere eigenschappen die van de software wordt verwacht die niet enkel over modellering en simulatie gaan. Zoals aangehaald met figuur 1 hebben BPM programma suites ook andere functionaliteiten in hun programma's waarvoor ook criteria kunnen worden opgesteld.

Ook zouden er specifieke criteria kunnen bestaan voor elke modellering techniek zoals voor system dynamics of hybrid modellen en misschien meer specifieke criteria voor BPM suite modellen (zoals onder andere petrinetten en BPM 2.0 modellen) en discrete event modellen. Dit framework bevat vooral criteria gefocust op discrete event modellen en BPM modellen. Daarbij is het framework ook eerder gericht op de simulator tools, zoals deze genoemd worden door Banks (1991). De simulatietalen hebben meer betrekking tot de programmeren en simulatie categorieën die zoals eerder aangehaald toch uitgebreid kunnen worden.

Een extra nadeel bij het evalueren van software is ook de beschikbaarheid van trial versies van de software. Om in detail verschillende programma's te vergelijken met het framework moet er toegang zijn tot een trial versie van het programma. Bepaalde eigenschappen criteria kunnen wel gevonden worden met research maar voor het bepalen van rating criteria is er toch wel rechtstreekse toegang tot het programma nodig.

Wat ook nuttig zou zijn voor gebruikers van het framework zou het delen van hun evaluaties zijn. De eigenschappen criteria zouden dan enkel opnieuw moeten gecontroleerd worden als er een nieuwe versie van de software uit komt. Ook zou je via de rating criteria te weten komen welke scores andere gebruikers geven aan de software om zo al een beeld te krijgen of deze al dan niet goed is. Om een persoonlijke score te verkrijgen moet natuurlijk het framework zelf voor hun situatie worden uitgevoerd.

Een andere nuttige toevoeging zouden templates van eigenschappen zijn. Met de templates worden op basis van een beschrijving de gewichten van de nodige categorieën en criteria op voorhand bepaald. Zo moet er minder tijd worden gestoken in bepalen van welke criteria en categorieën te gebruiken en tegen welke gewichten deze te evalueren. In deze masterproef werden twee mogelijke scenario's besproken.

Door de steeds veranderende criteria, de templates, delen van resultaten,... lijkt de meest nuttige vorm van het framework een software programma te zijn waarmee je programma's kunt evalueren. Zo kunnen de eigenschappen en scores van vroegere evaluaties worden opgeslagen, is er geen probleem met het ontbreken van een trial versie en kan de community die deze software gebruikt zelf samenwerken aan templates van criteria die helemaal up-to-date zijn. In deze software zouden ook meerdere evaluatietechnieken kunnen worden opgenomen en daarmee zou het rekenwerk dat vereist is gebruikers niet tegenhouden om bepaalde technieken te gebruiken.

Lijst geraadpleegde werken

- An, L., & Jeng, J. J. (2005). On developing system dynamics model for business process simulation [Elektronische versie]. *Proceedings of the 37th conference on Winter simulation*, 2068-2077.
- Banks, J. (1991). Selecting simulation software [Elektronische versie]. *Proceedings of the 23rd conference on Winter simulation*, 15-20.
- Barnett, M. (2003). Modeling & simulation in business process management [Elektronische versie]. *BP Trends Newsletter, White Papers & Technical Briefs*, 10(1).
- Bardonnet, G., Tewoldeberhan, T. W., Verbraeck, A., Valentin, E. (2002). An evaluation and selection methodology for discrete-event simulation software [Elektronische versie]. *Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference*, 67-75.
- Beerten, P. (2012). Proces simulatie software: een vergelijkende studie.
- Bosilj-Vuksic, V., Ceric, V. C., & Hlupic, V. (2007). Criteria for the Evaluation of Business Process Simulation Tools [Elektronische versie]. *Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge & Management*, 2, 73-88.
- Carson, J. 1990. Simulation concepts in Manufacturing and Material Handling [Elektronische versie]. *Autofact '90 Proceedings*, 4-1 – 4-19.
- DeFee, J.M., Harmon, P. (2004). Business Activity Monitoring and Simulation [Elektronische versie]. *BP Trends Newsletter, White Papers & Technical Briefs*.
- Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J., & Reijers, H. A. (2013). *Fundamentals of business process management*. Berlin: Springer.
- Gupta, A. (2012). Development of open source evaluation criteria software for selection of simulation tools used by automobile manufacturers in North India.
- Gupta, A., Singh, K., & Verma, R. (2008). Simulation software evaluation and selection: a comprehensive framework [Elektronische versie]. *Journal of Automation and System Engineering*. 221-234.
- Gupta, A., Singh, K. & Verma, R.. (2009). A Critical Evaluation and Comparison of Four Manufacturing Simulation Softwares [Elektronische versie]. *Kathmandu University Journal of Science, Engineering and Technology*, 5(1), 104-120.
- Gupta, A., Singh, K., & Verma, R., (2009). Smart Sim Selector: A Software for Simulation Software Selection [Elektronische versie]. *International Journal of Applied Engineering Research*, 4(6), 175-185.

- Gupta, A., Singh, K., & Verma, R. (2010). A critical study and comparison of manufacturing simulation softwares using analytic hierarchy process [Elektronische versie]. *Journal of Engineering Science and Technology*, 5(1), 108-129.
- Helal, M. (2008). *A hybrid system dynamics-discrete event simulation approach to simulating the manufacturing enterprise*. ProQuest.
- Hlupic, V. (1993) *Simulation modelling software approaches to manufacturing problems*
- Hlupic, V., & De Vreede, G. J. (2005). Business process modelling using discrete-event simulation: current opportunities and future challenges [Elektronische versie]. *International Journal of Simulation and Process Modelling*, 1(1), 72-81.
- Hlupic, V., Irani, Z., & Paul, R. J. (1999). Evaluation framework for simulation software [Elektronische versie]. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 15(5), 366-382.
- Hlupic, V., Nikoukaran, J., & Paul, R. J. (1998). Criteria for simulation software evaluation [Elektronische versie]. *Proceedings of the 30th conference on Winter simulation*, 399-406.
- Hlupic, V., Nikoukaran, J., & Paul, R. J. (1999). A hierarchical framework for evaluating simulation software [Elektronische versie]. *Simulation Practice and Theory*, 7(3), 219-231.
- Ishizaka, A., & Nemery, P. (2013). *Multi-criteria decision analysis: methods and software*. John Wiley & Sons.
- Jadhav, A. S., & Sonar, R. M. (2009). Evaluating and selecting software packages: A review [Elektronische versie]. *Information and software technology*, 51(3), 555-563.
- Jadhav, A., & Sonar, R. (2009). Analytic Hierarchy Process (AHP), Weighted Scoring Method (WSM), and Hybrid Knowledge Based System (HKBS) for Software Selection: A Comparative Study [Elektronische versie]. *Emerging Trends in Engineering and Technology (ICETET), 2009 2nd International Conference*, 991-997.
- Jadhav, A. S., & Sonar, R. M. (2011). Framework for evaluation and selection of the software packages: A hybrid knowledge based system approach [Elektronische versie]. *Journal of Systems and Software*, 84(8), 1394-1407.
- Jansen-Vullers, M., & Netjes, M. (2006). Business process simulation—a tool survey [Elektronische versie]. *Workshop and Tutorial on Practical Use of Coloured Petri Nets and the CPN Tools*.

- Kaur, L., & Singh, H. (2014). Software Component Selection techniques-A review [Elektronische versie]. *International Journal of Computer Science & Information Technologies*, 5(3), 3739-3742.
- Kučař, Š., Kožusznik, J., Ježek, D., & Štolfa, S. (2011). Using the BPM Method and System Dynamics for Simulation of Software Processes. *International Journal of Digital Information and Wireless Communications (IJDIWC)*, 1(2), 346-365.
- Laguna, M., & Marklund, J. (2013). *Business process modeling, simulation and design*. CRC Press.
- Law, A. M., Kelton, W. D. (2000). *Simulation modeling and analysis*. New York: McGraw-Hill.
- Matloff, N. (2008). Introduction to discrete-event simulation and the simpy language [Elektronische versie]. Davis, CA. Dept of Computer Science. University of California at Davis.
- McGrath, G. (2003). Business Process Modelling Using System Dynamics: Reflections on Some Field Applications. *PACIS 2003 Proceedings*, 50.
- Miers, D., Harmon, P., & Hall, C. (2007). The 2007 bpm suites report. *A BPT Report*.
- Miller, I., Kossik, R., & Voss, C. (2003). *General requirements for simulation models in waste management*. United States. Department of Energy.
- Ören, T. I. (2009). Uses of simulation. *Principles of Modeling and Simulation: A Multidisciplinary Approach*, 153-179.
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process [Elektronische versie]. *International Journal of services sciences*, 1, 83-98.
- Schriber, T. J., & Brunner, D. T. (2013). Inside discrete-event simulation software: how it works and why it matters [Elektronische versie]. *Proceedings of the 2013 Winter Simulation Conference*, 424-438.
- Smith, R. D., & Chief Scientist, M. (1999). Simulation: The engine behind the virtual world. *GEN*, 1, 72.
- Swain, J.J. (2003). Simulation reloaded, *OR/MS Today*, 30, 4.
- System Dynamics Modeling. (z.d.). Opgevraagd op 7 februari, 2015, via <http://www.anylogic.com/anylogic/help/index.jsp?topic=/com.xj.anylogic.help/html/sd/System%20Dynamics%20Modeling.html>.
- Tumay, K. (1995). Business Process Simulation [Elektronische versie]. *WSC '95 Proceedings of the 27th conference on Winter simulation*, 55-60.
- Tumay, K. (1996). Business process simulation [Elektronische versie]. *Proceedings of the 28th conference on Winter simulation*, 93-98.

Van der Aalst, W. M. (2013). *Business Process Simulation Survival Guide*.

Van der Aalst, W., Nakatumba, J., Rozinat, A., & Russell, N. C. (2008). Business process simulation: how to get it right?. *International Handbook on Business Process Management*.

Weistroffer, H. R., Smith, C. H., & Narula, S. C. (2005). Multiple criteria decision support software. In *Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys*. 989-100. Springer: New York.

Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:
Vergelijkende studie van software om bedrijfsprocessen mee te simuleren

Richting: **master in de toegepaste economische wetenschappen:
handelsingenieur in de beleidsinformatica**
Jaar: **2015**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Voor akkoord,

François, Maarten

Datum: **2/06/2015**