



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
У НОВОМ САДУ



Немања Сремчев

**Развој конфигурационалног производа
применом поступка груписања**

ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА

Нови Сад, 2016.



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ ● ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
21000 НОВИ САД, Трг Доситеја Обрадовића 6

КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

Редни број, РБР:		
Идентификациони број, ИБР:		
Тип документације, ТД:	Монографска публикација	
Тип записа, ТЗ:	Текстуални штампани материјал	
Врста рада, ВР:	Докторска дисертација	
Аутор, АУ:	Немања Сремчев	
Ментор, МН:	др Илија Ћосић, професор емеритус	
Наслов рада, НР:	Развој конфигуратора сложених производа применом поступка груписања	
Језик публикације, ЈП:	Српски / Ћирилица	
Језик извода, ЈИ:	Српски / Енглески	
Земља публикавања, ЗП:	Република Србија	
Уже географско подручје, УГП:	Аутономна покрајина Војводина	
Година, ГО:	2016	
Издавач, ИЗ:	Факултет техничких наука	
Место и адреса, МА:	Нови Сад, Трг Доситеја Обрадовића 6	
Физички опис рада, ФО: (поглавља/страна/ цитата/табела/слика/графика/прилога)	8/133/98/6/67/0/0	
Научна област, НО:	Индустријско инжењерство и инжењерски менаџмент	
Научна дисциплина, НД:	Индустријско инжењерство	
Предметна одредница/Кључне речи, ПО:	Конфигуратор производа, Групна технологија, Алгоритам за развој конфигуратора производа	
УДК	-	
Чувасе, ЧУ:	У библиотеци Факултета техничких наука у Новом Саду	
Важна напомена, ВН:	Нема	
Извод, ИЗ:	У докторској дисертацији је представљен алгоритам за развој конфигуратора сложених производа применом поступка груписања. Детаљно је описано свих осам фаза алгоритма, а потом је извршена емпиријска провера алгоритма на примеру расхладно-термичких уређаја током које је развијен систем за конфигуравање сложених производа. Утврђено је да се развијеним конфигуратором може скратити време потребно да се конфигурише и испоручи производ крајњем кориснику, а самим тим и укупно време потребно да се нови или побољшани производ појави на тржишту. Резултати истраживања су показали оправданост приступа развоју конфигуратора сложених производа применом поступка груписања.	
Датум прихватања теме, ДП:	25.06.2015.	
Датум одбране, ДО:		
Чланови комисије, КО:	Председник: др Радо Максимовић, редовни професор	Потпис ментора
	Члан: др Анишић Зоран, редовни професор	
	Члан: Dr Borut Buchmeister, редовни професор	
	Члан: др Милован Лазаревић, ванредни професор	
	Члан, ментор: др Илија Ћосић, професор емеритус	



KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number, ANO :	
Identification number, INO :	
Document type, DT :	Monograph
Type of record, TR :	Textual printed material
Contents code, CC :	Ph.D. Thesis
Author, AU :	Nemanja Sremčev, M. Sc., dipl. eng.
Mentor, MN :	Ilija Ćosić, Ph.D., professor emeritus
Title, TI :	Product Configurator Development for Complex Products by Applying Grouping Process
Language of text, LT :	Serbian / Cyrillic
Language of abstract, LA :	Serbian / English
Country of publication, CP :	Republic of Serbia
Locality of publication, LP :	Autonomous Province of Vojvodina
Publication year, PY :	2016
Publisher, PB :	Faculty of technical sciences
Publication place, PP :	Novi Sad, Trg Dositeja Obradovica 6
Physical description, PD : <small>(chapters/pages/ref./tables/pictures/graphs/appendixes)</small>	8/133/98/6/67/0/0
Scientific field, SF :	Industrial Engineering and Industrial Management
Scientific discipline, SD :	Industrial Engineering
Subject/Key words, S/KW :	Product configurator, Group technology, Algorithm for product configurator development
UC	-
Holding data, HD :	Library of Faculty of technical sciences, Novi Sad
Note, N :	None
Abstract, AB :	<p>This doctoral dissertation presents an algorithm for complex products configurator development by applying the method of grouping. All eight phases of the algorithm are described into details, further on, an empirical testing of the algorithm was conducted on cooling-thermal device and while testing, complex products configurator system was developed.</p> <p>It was concluded that the developed configurator can decrease the time required to configure and deliver the product to the end users, hence, reduce the total time of launching and delivering the new or improved products into the market.</p> <p>The results of the research clearly show justification of the approach to the complex products configurator development by applying the method of grouping.</p>
Accepted by the Scientific Board on, ASB :	25.6.2015.
Defended on, DE :	
Defended Board, DB :	President: Ph.D. Rado Maksimović, full professor
	Member: Ph.D. Zoran Anišić, full professor
	Member: Ph.D. Borut Buchmeister, full professor
	Member: Ph.D. Milovan Lazarević, associate professor
	Member, Mentor: Ph.D. Ilija Ćosić, professor emeritus
	Mentor's sign

Садржај

ЛИСТА СЛИКА.....	4
ЛИСТА ТАБЕЛА.....	7
1 УВОДНЕ НАПОМЕНЕ	8
1.1 Предмет и проблем истраживања	8
1.2 Циљеви истраживања.....	9
1.3 Полазишта и хипотезе истраживања	9
1.4 Примењена методологија истраживања.....	9
1.5 Постигнути резултати и њихова примењивост	10
1.6 Кратак садржај рада.....	11
2 СИСТЕМИ ЗА КОНФИГУРИСАЊЕ – КОНФИГУРАТОРИ.....	14
2.1 Увод	14
2.2 Саставница и стабло производа	18
2.3 Процес конфигурисања производа	21
2.3.1 Додатне активности у процесу конфигурисања	27
2.4 Генератор варијанти производа	29
2.4.1 Дефиниција класе	30
2.4.2 Хијерархија класе – део структуре и врста структуре	31
2.4.3 Дефиниција атрибута	32
2.4.4 Ограничења	33
2.5 Прилази за моделовање конфигураатора производа	34
2.5.1 Масовна производња према жељи купаца (<i>mass customization</i>)	34
2.5.2 Предметно-оријетисано пројектовање	34
2.5.3 <i>UML</i> дијаграми класе	35
2.5.4 Онтолошки прикази.....	36
2.6 Животни циклус производа	37
2.7 Предметно-оријетисани животни циклус система за конфигурисање	40
2.7.1 Задачи и улоге током развоја система за конфигурисање.....	41
3 ПОСТУПЦИ ГРУПИСАЊА	45
3.1 Опште карактеристике групне методе.....	45
3.2 Класификација делова.....	47
3.3 Прилази и методе у обликовању и анализи производних структура	50
4 РАЗВОЈ АЛГОРИТМА ЗА ОБЛИКОВАЊЕ КОНФИГУРАТОРА СЛОЖЕНИХ ПРОИЗВОДА ПРИМЕНОМ ПОСТУПКА ГРУПИСАЊА	55

4.1	Алгоритам за развој система за конфигурисање сложених производа	56
4.1.1	Идентификација делова, операција и захтева (ФАЗА 1)	60
4.1.2	Класификација делова (ФАЗА 2)	61
4.1.3	Дефинисање комплексних подсклопова и производа (ФАЗА 3)	63
4.1.4	Дефинисање „ <i>cloud</i> “ мреже (ФАЗА 4)	67
4.1.5	Предметно-оријентисано моделовање и пројектовање (ФАЗА 5)	68
4.1.5.1	Процес изградње предметно оријентисаног модела (ПОМ)	72
4.1.5.2	Предметно-оријентисано пројектовање	75
4.1.6	Програмирање (ФАЗА 6)	77
4.1.6.1	Програмирање у непредметно-оријентисаном систему за конфигурисање	77
4.1.6.2	Програмирање у предметно-оријентисаном систему за конфигурисање	78
4.1.7	Имплементација (ФАЗА 7)	78
4.1.8	Одржавање и даљи развој (ФАЗА 8)	79
4.2	Сценарији за систем конфигурисање над расхладно-термичким уређајима ..	82
4.2.1	Излаз из система за конфигурисање	83
4.2.2	Процес за израду понуда	84
4.2.3	Дефинисање система за конфигурисање	85
5	ЕМПИРИЈСКА ПРОВЕРА АЛГОРИТМА ЗА ОБЛИКОВАЊЕ КОНФИГУРАТОРА СЛОЖЕНИХ ПРОИЗВОДА	88
5.1	Фаза 1: Анализа процеса спецификације и производног програма	89
5.1.1	Анализа производа – уређаја	89
5.2	Фаза 2: Класификација делова	92
5.3	Фаза 3: Дефинисање комплексних подсклопова и производа	94
5.3.1	Комплексни подсклопови	94
5.3.2	Генератор варијанти производа	96
5.4	Фаза 4: Дефинисање „ <i>cloud</i> “ мреже	97
5.5	Фаза 5: Предметно-оријентисано моделовање и пројектовање	98
5.6	Фаза 6: Програмирање	101
5.7	Фаза 7: Имплементација	102
5.8	Фаза 8: Одржавање и даљи развој	103
5.9	Конфигурисање сложеног производа применом развијеног система за конфигурисање	104
5.10	Израда понуде за купца	116

5.10.1	Циљеви и захтеви за процес конфигурисања упоређени са тренутним перформансама	116
6	ДИСКУСИЈА ДОБИЈЕНИХ РЕЗУЛТАТА	118
7	ЗАКЉУЧЦИ И ПРАВЦИ ДАЉИХ ИСТРАЖИВАЊА.....	124
8	ЛИТЕРАТУРА.....	127

ЛИСТА СЛИКА

- Слика 2.1. – Поређење два прилаза конфигуратора производа
- Слика 2.2. – Стабло производа за рачунар
- Слика 2.3. – Пример стабла компоненти и стабла функција
- Слика 2.4. – Од потреба купца до комерцијалног описа производа
- Слика 2.5. – Од комерцијалног описа до документације о производу
- Слика 2.6. – Шематски приказ општег поступка конфигурисања производа
- Слика 2.7. – Процес конфигурисања унутар компаније
- Слика 2.8. – Подршка и интеграција активности током процеса конфигурисања помоћу система за конфигурисање
- Слика 2.9. – Процес спецификације и његово окружење
- Слика 2.10. – Разлагање проблема у три главна излаза
- Слика 2.11. – Генератор варијанти производа за три фамилије производа
- Слика 2.12. – Принципи за описивање класа у генератору варијанти производа
- Слика 2.13. – Илустрација везе под-дела и супер-дела у класи
- Слика 2.14. – Приказивање супер-врсте и под-врсте за класу
- Слика 2.15. – Скуп UML 2.1 стандардних дијаграма
- Слика 2.16. – Пример приказивања дијаграма класе
- Слика 2.17. – Животни циклус система за конфигурисање
- Слика 2.18. – Штедња представљена кроз употребу структурираног приступа
- Слика 2.19. – Спирални модел
- Слика 2.20. – Предметно-оријентисани животни циклус пројекта
- Слика 3.1. – Обједињавање предмета рада у операцијске групе
- Слика 3.2. – Токови операцијских група
- Слика 3.3. – Шема класификације при групној обради делова
- Слика 3.4. – Структура система класификације
- Слика 3.5. – Класификација предмета рада на основу обраде резањем
- Слика 3.6. – Алгоритам АПОПС прилаза
- Слика 3.7. – Бипартитни граф
- Слика 3.8. – Декомпозиција графа
- Слика 4.1. - Фазе за развој и имплементацију система за конфигурисање

Слика 4.2. - Алгоритам за развој и имплементацију система за конфигурисање

Слика 4.3. – Структура система класификације

Слика 4.4. – Дефинисање комплексног подсклопа

Слика 4.5. – Дефинисање комплексног производа

Слика 4.6. – Генератор варијанти производа

Слика 4.7. – UML обележавање ради дефинисања класа објеката и њихових међусобних веза

Слика 4.8. – Дефинисање имена класе, атрибута и метода кроз шему класе

Слика 4.9. – ЦРЦ картица

Слика 4.10. – Преко „део“ структуре до структуре агрегације

Слика 4.11. – Преко „врста“ структуре до структуре генерализације

Слика 4.12. – Генератор варијанти производа и ЦРЦ картица као документација

Слика 4.13. – Дијаграми класе и ЦРЦ картице као документација

Слика 4.14. – Улоге у фази рада/одржавања система

Слика 4.15. – Систем за конфигурисање доводи до мањег броја детаљних понуда

Слика 4.16. – Израда буџетске понуде помоћу система за конфигурисање

Слика 4.17. – Три сценарија за употребу система за конфигурисање расхладних и термичких уређаја

Слика 5.1. – Део производног програма предузећа

Слика 5.2. – Саставница расхладног подсклопа (расхладна витрина)

Слика 5.3. – Саставница топлог подсклопа (топла витрина)

Слика 5.4. – Саставница неутралног подсклопа (каса)

Слика 5.5. – Класификовани лимени део а) и профилна цев б)

Слика 5.6. – Комплексни производ са припадајућим комплексним подсклоповима

Слика 5.7. – Део генератора варијанти производа

Слика 5.8. – Исечак из „cloud“ модула шефа радне јединице

Слика 5.9. – Део дијаграма класе

Слика 5.10. – ЦРЦ картица за класу „подсклоп топле витрине“

Слика 5.11. – Груписани комплексни подсклопови унутар комплексног производа

Слика 5.12. – Изабрана варијанте топлог комплексног подсклопа (топла витрина)

Слика 5.13. – Одабир позиције за интеграцију комплексних подсклопова

Слика 5.14. – Интегрисан други подсклопа у сложени производ

Слика 5.15. – Интегрисан трећи подсклоп у сложени производ

Слика 5.16. – Изабрана варијанта неутраног комплексног подскопа (каса)

Слика 5.17. - Интегрисан четврти подскоп у сложени производ

Слика 5.18. – Изабрана варијанта расхладног комплексног подскопа (рас. витрина)

Слика 5.19. - Интегрисан пети подскоп у сложени производ

Слика 5.20. – Сачувана прва варијанта конфигурисаног производа

Слика 6.1. – Израда буџетских и детаљних понуда у предузећу за производњу расхладно-термичких уређаја

Слика 6.2. – Процес израде коначне понуде за купца подршком система за конфигурусање

ЛИСТА ТАБЕЛА

Табела 3.1. – Матрица учесталости

Табела 3.2. – Груписање технолошких система и предмета рада

Табела 4.1. – Алгоритам за развој система за конфигурисање сложених производа

Табела 4.2. – Опис општег садржаја и структуре система за конфигурисање

Табела 5.1. – Анализа процеса израде буџетских понуда у производном систему

Табела 6.1. – Време трајања активности током израда понуда

1 УВОДНЕ НАПОМЕНЕ

1.1 Предмет и проблем истраживања

У напору да што боље одговоре на хетерогене захтеве купаца, многа предузећа проналазе за прикладно да повећају варијантност својих производа, тј. број различитих производа који ће бити понуђени потенцијалним купцима. Радећи то, компаније су уверене да на тај начин повећавају склад између понуде производа и жеља купаца, што им омогућава да дефинишу своје тржиште, а евентуално и повећају свој удео на истом. Ова свесна одлука може да омогућити компанијама да лакше ускладе оно што нуде са захтевима тржишта, међутим, таква одлука доноси и много изазова за компанију. Чињеница је да уколико варијантност производа порасте, компаније ће бити суочене са мањим учинком својих интерних активности, из разлога виших трошкова производње, општих трошкова, дужег времена испоруке и високог нивоа делова и полупроизвода на складишту [1]–[6]

Тржиште данас никога не чека, а компаније морају великом брзином да одговоре на високу варијантност захтева свог окружења и изађу на тржиште у што краћем временском периоду са моделом производа и на крају самим производом. Компаније уочавају да им је све више времена потребно да изађу са својом понудом на тржиште, а притом купци су из дана у дан све захтевнији. Идеја је да се искористе све предности које нуди групна технологија (комплексан производ) и системи за конфигурисање како би се развио модел конфигуратора применом поступака груписања. Да би се у што краћем времену одговорило на захтеве тржишта, производња, продаја, технолошка и конструкциона припрема морају бити на висини задатка. Проблем истраживања је непостојање алгоритма за развој конфигуратора производа применом поступка груписања, где би за производни сектор били значајни ефекти који се оставарују од примене групне технологије, а за секторе продаје и развоја ефекти које доноси један систем за конфигурисање и на тај начин се скрати време потребно за излазак на тржиште са новим и/или побољшаним производом. Први корак у алгоритму за развој конфигуратора на принципима групне технологије био би снимање и анализа производног програма система за који је потребно направити конфигуратор, на основу чега би се дефинисали сви подсклопови и делови од којих се један производ може састојати. Овај алгоритам приказује фазе кроз које треба да прође предузеће које производи сложене производе у великом броју варијанти, а постоји потреба да се направи конфигуратор производа, како би се смањило потребно време за испуњење захтева купца. Такве компаније су у ситуацији да искористе све ефекте који се постижу применом групне технологије и система за конфигурисање производа.

Систем за конфигурисање (конфигуратор) производа са великом варијантношћу је комплексан, а посебно у ситуацијама када постоје многе међузависности између карактеристика производа, отуда и идеја за развојем модела конфигуратора применом групне технологије. Да би један такав модел конфигуратора био заиста користан он мора да обухвата све групе производа (подсклопове производа) унутар система за који се прави, тако да приликом дефинисања функционалних захтева купац може врло лако да прегледа варијанте подсклопова производа који њему највише одговарају. Комплексношћу додатно доприноси чињеница да захтеви купаца не погађају само процес монтаже, него и сам

процес израде делова, процес производње. Конфигурисан производа се на крају користи за дефинисање саставнице производа и технолошког поступка, а то су документа која су кључна за давање понуде, као и за калкулацију потребних материјала, трошкова производње, важних за коначно одређивање цене производа.

1.2 Циљеви истраживања

Општи циљ истраживања је да се развије поступак за обликовање конфигуратора сложених производа применом поступака груписања. Такође, жеља је и да се развијеном методологијом унапреди дијалог између компаније и купца, а знање и информације о производу и њиховој производњи формализује, јер је време за које је потребно да се изађе на тржиште са новим производом или побољшаном верзијом све краће, а и сам животни циклус производа је данас све краћи. Уз помоћ система за конфигурисање могуће је извршити симулирање више различитих решења која су у складу са функционалним захтевима које је поставио одређени купац или само тржиште.

1.3 Полазишта и хипотезе истраживања

Основне хипотезе које се постављају су:

X1 Могуће је развити систем за конфигурисање сложених производа применом групног прилаза

X2 Могуће је, коришћењем развијеног модела, скратити:

- ✓ време конфигурисања производа,
- ✓ време испоруке производа купцу,

и тиме укупно време за излазак производа на тржите, тј. време за испоруку купцу.

1.4 Примењена методологија истраживања

Методологија која ће се користити за решавање поменутог проблема је следећа:

- I. Упознавање проблема:
 - ✓ Обим и садржај проблема
- II. Проучавање постојећих истраживања везаних за проблем:
 - ✓ Проучавање литературе везане за слична истраживања
 - ✓ Проучавање групне технологије
 - ✓ Проучавање система за конфигурисање
 - ✓ Проучавање предметно-оријетисане анализе и базе података
- III. Развој алгорита за имплементирање конфигуратора:
 - ✓ Анализа приступа решавању сличних проблема
 - ✓ Дефинисање фаза процедуре за имплементацију конфигуратора

- ✓ Формирање алгоритма за имплементацију конфигурагора
- IV. Верификација алгоритма:
 - ✓ Квантификација предложеног алгоритма
 - ✓ Приказ поједностављене примене алгоритма у реалним условима
 - ✓ Адаптација алгоритма

1.5 Постигнути резултати и њихова примењивост

Често се дешава да степен промена са којим се сусреће предузеће приликом имплементације система за конфигурисање буде разлог неуспеха примене истог. Проблем је настао из чињенице да се многи комплексни производи могу направити у десетинама, стотинама, некад и у милионима различитих варијанти, узимајући у обзир стотине техничких ограничења, као што је случај са микрорачунарима. Формализовање знања како би се израдио производ према жељи купца, преношење таквог знања у систем за конфигурисање (конфигурагор) и усклађивање организације да искористи способност таквог система за конфигурисање су веома комплексне активности. Нажалост, не постоје јасна упутства за прикладно спровођење ових активности. Са друге стране, компаније које су успешно имплементирале конфигурагор нису вољне да открију свој тајни рецепт и на тај начин заштите своју конкурентску предност. Већина радова која се бави овом темом не даје савете менаџерима компанија, већ се већина текстова обраћа академској заједници или уско специјализованом аудиторијуму. Постојећа литература о конфигурагорима производа не препознаје организационе проблеме који су повезани са имплементацијом оваквих система.

Претрагом постојеће литературе није установљено да је било покушаја повезивања система за конфигурисање и групне технологије у фазама када је потребно анализирати ширину производног програма и дефинисати комплексан производ на основу којег ће се дефинисати различите конфигурације производа, као и да не постоји процедура за развој конфигурагора производа применом поступка груписања. Спојем ове две филозофије очекује се да се сектори развоја, производње и продаје функционишу као једана функција, а време потребно за излазак новог производа на тржиште значајно скрати.

У поглављу четири развијен је алгоритам за развој конфигурагора сложених производа применом поступка груписања и описана су детаљно свих осам фаза. Приказани резултати представљају прва истраживања у области развоја конфигурагора сложених производа. Током емпиријске провере алгоритма, успешно је развијен систем за конфигурисање и извршене су успешно прве конфигурације производа, а предузетницима презентована методологија како да олашају и унапреде дијалог са купцима.

Резултати истраживања су показали да је могуће дефинисати комплексне производе за расхладно-термичке уређаје и на тим основама извршити организацију и дефинисање генератора варијанти производа. Купац уклањањем нежељених елемената из комплексног подскопа и комбинацијом истих долази до жељене варијанте производа. Главни резултати постигнути кроз докторску дисертацију су следећи:

- ✓ Успостављена је релација између две методологије, „масовне производње према појединачним захтевима купца“ и „групне технологије“;

- ✓ Развијен је алгоритам за обликовање система за конфигурисање сложених производа;
- ✓ Успостављен је нови вид организације класа унутар система за конфигурисање.

1.6 Кратак садржај рада

Поглавље 1: УВОДНЕ НАПОМЕНЕ

У уводном поглављу је идентификован предмет и проблем истраживања, односно позиционирано је истраживање у посматраној области. Уводно поглавље презентује циљеве које производно предузеће мора задовољити како би било конкурентно на тржишту, односно повећање продуктивности, квалитета производа, одговорности према потрошачима и скраћење време потребно да се производ испоручи крајњем кориснику. Побољшање производних процеса захтева промене у производним системима применом нових прилаза. Као проблем истраживања наглашава се непостојање алгоритма за развој конфигуратора производа применом поступка груписања, где би за производни сектор били значајни ефекти који се оставарују од примене групне технологије, а за секторе продаје и развоја ефекти које доноси један систем за конфигурисање и на тај начин се скрати време потребно за излазак на тржиште са новим и/или побољшаним производом. Циљ истраживања је развој алгоритма за обликовање конфигуратора сложених производа применом поступака груписања, да развијена методологија послужи за унапређење дијалог између компаније и купца, а да се знање и информације о производу и њиховој производњи формализује.

Поглавље 2: СИСТЕМИ ЗА КОНФИГУРИСАЊЕ - КОНФИГУРАТОРИ

У другом поглављу дат је јасан преглед теоријских истраживања у области система за конфигурисање, односно конфигуратора и њихов утицај на поступак формирања поруцбина. Уводе се појмови саставнице, стабла производа, стабла функција и њихове везе са генератором варијанти производа. Такође, у првом делу поглавља анализиран је и процес конфигурисања производа са акцентом на значај интеракције између произвођача и купца. Та интеракција је важна јер омогућава купцима да истраже различите варијанте, пруже помоћ приликом избора варијанте која им највише одговара и коначно језици које користе куци уједначе са језиком који користи произвођач како би описао производ и његове функционалности. У другом делу поглавља анализирају се постојећи прилази за моделовање конфигуратора производа и наглашава значај формализације и постављања знања и информација о производу у један информациони систем, тј. систем за конфигурисање.

Поглавље 3: ПОСТУПЦИ ГРУПИСАЊА

У трећем поглављу анализирани су различити начини употребе групне технологије како би се идентификовали делови или компоненете које имају исте производне карактеристике и стога су у првом делу обрађене методе креирања група сличних предмета рада (делови, подсклопови и склопови). Наглашавају се припреме које је потребно споровести како би се успешно применили поступци груписања, а који укључују,

класификацију делова, разраду технолошких поступака за групу и пројектовање групних алата и прибора и обликовање аутономних радних јединица.

У другом делу поглавља се даје преглед система за класификацију делова, подсклопова и склопова и прилаза у обликовању група, са циљем израде подлога за дефинисање класа, метода и атрибута у систему за конфигурисање.

Поглавље 4: РАЗВОЈ АЛГОРИТМА ЗА ОБЛИКОВАЊЕ КОНФИГУРАТОРА СЛОЖЕНИХ ПРОИЗВОДА ПРИМЕНОМ ПОСТУПКА ГРУПИСАЊА

Резултати који су приказани у четвртном поглављу представљају прва истраживања у области развоја конфигуратора сложених производа применом поступка груписања. У овом поглављу развијена је процедура (алгоритам) за развој и пројектовање система за конфигурисање – конфигуратора. Поменути алгоритам се састоји из осам фаза које су јасно и недвосмислено објашњене, укључујући одлуке које се донесе између фаза како би се елиминисале потенцијалне грешке током реализације развојних фаза конфигуратора.

Наглашава се да је сврха процедуре дефинисање фаза у настајању система за конфигурисање, као и везе са осталим функцијама у предузећу. На овај начин дата је структура над комплексним активностима формализовања знања, преношења таквог знања у систем за конфигурисање и усклађивање организације са захтевима система за конфигурисање.

Поглавље 5: ЕМПИРИЈСКА ПРОВЕРА АЛГОРИТМА ЗА ОБЛИКОВАЊЕ КОНФИГУРАТОРА СЛОЖЕНИХ ПРОИЗВОДА

У петом поглављу приказани су резултати истраживања које је спроведено у предузећу на територији Републике Србије. Праћењем развијене процедуре за развој конфигуратора сложених производа применом поступка груписања, извршена је анализа производног програма предузећа, формулисани су захтеви и циљеви за индивидуалне процесе конфигурисања, спроведена је класификација делова и подсклопова и дефинисан је комплексни производ. Затим, приступљено је предметно-оријентисаном моделовању, пројектовању и дефинисању критеријума за избор софтвера, што је увод у фазу програмирања софтвера за конфигурисање, након чега долази имплементација, одржавање и даљи развој. У студију случаја развијен је систем за конфигурисање расхладно-термичких уређаја и извршено је конфигурисање једног од најчеће захтеваних сложених производа за потребе ресторана. Тиме је извршена емпиријска провера развијеног алгоритма и потврђена његова функционалност.

Поглавље 6: ДИСКУСИЈА ДОБИЈЕНИХ РЕЗУЛТАТА

Поглавље приказује резултате спроведеног истраживања у докторској дисертацији. Утврђени су кључни фактори за успешност алгоритма за развој конфигуратора сложених производа применом поступка груписања и резултати истраживања су упоређени са тренутним начином рада у предузећу за производњу расхладно-термичких уређаја. Утврђено је да резултати спроведеног истраживања у потпуности потврђују постављене хипотезе у докторској дисертацији.

Поглавље 7: ЗАКЉУЧЦИ И ПРАВЦИ ДАЉИХ ИСТРАЖИВАЊА

Алгоритам, тј. процедура за развој конфигуратора сложених производа применом поступка груписања намеће јасно дефинисани поступак (редослед) извођена задатака

развоја, имплементације и коришћења једног конфигуратора производа. Пратећи ову процедуру могуће је:

- ✓ извући пословне захтеве потребне да би се развио систем за конфигурисање,
- ✓ анализирати и описати комплетан производни програм и правила за пројектовање производа према специфичним захтевима купца,
- ✓ изразити знање и информације о производу у адекватним формама за уградњу у стандардне системе за конфигурисање,
- ✓ имплементирати систем за конфигурисање који је креиран и осигурати да је један такав систем могуће континуално одржавати и даље развијати.

Процедура садржи, поред многих других ствари, методе за анализу пословних процеса који треба да буду подржани конфигуратором производа и методе за анализу и моделовање ширине производног програма. Ово истраживање додатно добија на значају када се узме у обзир чињеница да компаније које су успешно имплементирале систем за конфигурисање претежно нису вољне да поделе своја искуства, из страха да не изгубе тренутну конкурентску предност.

Систем за конфигурисање који је развијен током поступка епиријске провере алгоритма за развој конфигуратора сложених производа применом поступка груписања је тренутно на нивоу првог сценарија. У првом сценарију купцима је омогућено да користе најчешће тражене подсклопове и њиховом комбинацијом дођу до жељене варијанте производа која најбоље задовољава њихове потребе. Правци даљих истраживања огледају се у имплементацији сценарија два и три, под условом да је први сценарио имплементације успешно спроведен и да је компанија прихватила развијен систем за конфигурисање. Другим речима, у сценарију два узима се у обзир и цена процеса израде и монтаже, док сценарио три укључује и информације везане за инсталацију, пуштање у рад уређаја, функционисање и одржавање уређаја, заједно са продајом резервих и заменских делова. Цена производње укључена је сценарију два, јер је она неопходна у контексту израде буџетске понуде, како би се проценили трошкови израде уређаја.

Поглавље 8: ЛИТЕРАТУРА

У поглављу је дат преглед литературних извора који су коришћени у изради докторске дисертације.

2 СИСТЕМИ ЗА КОНФИГУРИСАЊЕ – КОНФИГУРАТОРИ

2.1 Увод

Концепт система за конфигурисање појављује се током осамдесетих година прошлог века, а у вези са развојем одређених форми база знања информационих технологија, познатих као програмирање на бази ограничења. У програмирању на бази ограничења, простор решења је дефинисан, као серије подсклопова у производу. Такође, број ограничења је дефинисан како се и на који начин ти подсклопови у производу могу комбиновати. Дефинисана ограничења се потом користе како би се смањило простор могућег решења, док на крају не остане само једно решење – коначна конфигурација производа. Процедура се у то доба спроводи уз помоћ тзв. „интерфејс машина“, које заједно са базом знања и базом података чине експертни систем [7], [8].

Конфигуратори производа представљају једну од најуспешнијих примена принципа вештачке интелигенције [9]–[11]. У контексту инжењерски оријентисаних компанија, употреба система за конфигурисање резултира низом користи као што су краће време израде, побољшан квалитет спецификација производа, очување знања, коришћење мање ресурса за специфицирање производа, оптимизовани производи, мање рутинског посла, побољшање сигурности испоруке и мање времена потребног за обуку нових радника [12]–[14].

Конфигурисати значи направити производ од јасно дефинисаних градивних елемената (подсклопова производа), а у складу са раније дефинисаним правилима и ограничењима. Две различите дефиниције система за конфигурисање производа су:

„Системи софтвера који стварају, користе и одржавају моделе производа који омогућавају комплетно дефинисање свих могућих опција и варијанти са минимумом уноса [8]. Конфигуратор је софтвер који асистира особи која је задужена за задатак конфигурисања. Он је сачињен од базе знања која садржи општи модел производа и скуп алата за асистирање који помажу кориснику да пронађе решење или да изабере компоненту [15].

Конфигуратори производа (системи за конфигурисање) су софтверске апликације намењене једнако продавцима производа и купцима истог, у фази прикупљања и испуњавања понуда [16]. Они имају широку примену у неколико индустријских сектора, најчешће у компанијама које су из рачунарске, аутомобилске и текстилне индустрије. Његов циљ је да омогући и помогне купцу да конфигурише персонализовану верзију производа, али и обрнуто, да осигура брз, комплетан и поуздан пренос налога до производње. Заправо, раст броја прилагодљивих карактеристика производа, доводи до далеко већег раста у броју и варијантама података о производу који су неопходни да се искомуницирају између купца и компаније, пре него што се уопште крене у извршење поруџбине. Према томе, показало се као изузетно корисно и олакшавајуће да се развије аутоматски систем за манипулисање са велики бројем карактеристика и варијанти производа, као и њиховим релевантним подацима. Конфигуратор производа преводи изборе купца у кохерентну саставницу производа. Он управља доступношћу сваке компоненте производе које се може изабрати, а притом и детектује конфликтне

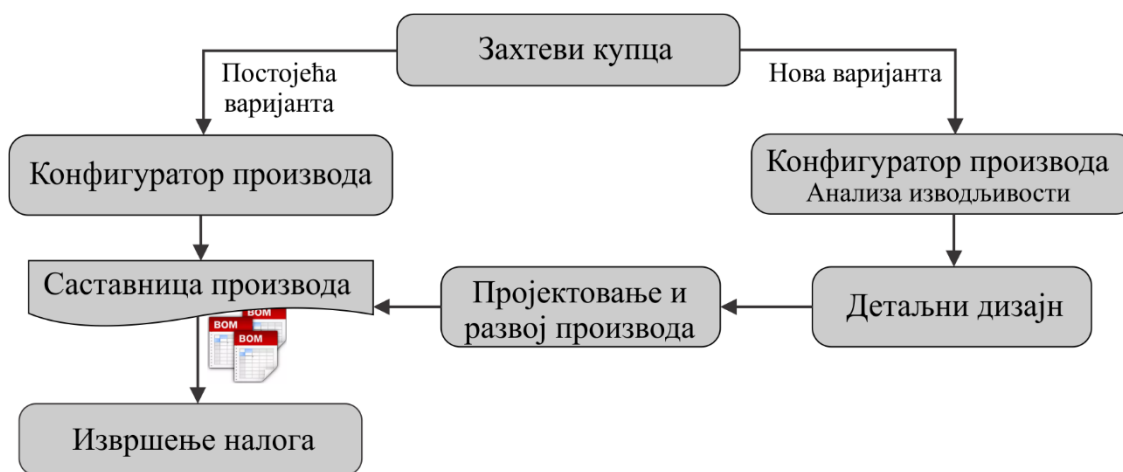
компоненте, тј. компоненте које се не могу користити заједно намонтиране у финалном производу.

Конфигуратор производа се може дефинисати као пре-дизајнирани производ који [17]:

- ✓ Су адаптирани у складу са захтевима сваке од поруџбина купца.
- ✓ Се садрже од (скоро) само пре-дизајнираних компоненти.
- ✓ Имају пре-дизајнирану производну структуру.
- ✓ Су прилагођени по рутини, систематичан процес конфигурисања производа.

Сваки конфигуратор производа описује се помоћу модела за конфигурисање производа који обухвата саставницу производа за сваки од индивидуалних производа. Рачунарске системи (персонални рачунари) подржавају задатке конфигурисања производа, а конфигуратор производа треба да буде у стању да може да користи моделе конфигурисања производа.

Софтвер за конфигурисање производа може да ради на начин да помаже купцу у избору између неколико алтернатива производа, које већ постоје у каталогу компаније или софтвер као алат подршке у процесу развоја и пројектовања нове варијанте производа на основама купчевих спецификација и захтева (Слика 2.1.). Ова друга алтернатива, назива се прилаз генерисања, који је далеко изазовнији и тежи за имплементацију у индустријским производњама које се карактеришу сталним иновацијама и високом комплексношћу производа. Ипак, било би од посебног значаја и користи током процеса асистирања изради наруџбина за индустријске производе велике варијантности да се могу израдити према специфичним захтевима купаца, као што је реч са комерцијалним возилима, серверима база података, одећом, намештајем (кухињским, библиотекарским) или алатима за машине.



Слика 2.1. – Поређење два прилаза конфигуратора производа [18]

Циљ алгоритма, тј. процедуре за развој конфигуратора одређеног производног предузећа јесте да се наметне одређени поступак (редослед) извођена задатака развоја, имплементације и коришћења једног конфигуратора производа. Ова процедура требала би да омогући да се:

- ✓ извуку сви кључни захтеви предузећа неопходни за креирање конфигуратора производа и дефинише знање које треба да се инкорпорира у систем за конфигурисање,
- ✓ анализира и дефинише комплетан производни програм и правила за креирање производа који ће бити по захтеву купаца,
- ✓ представи знање о производу на прикладан начин како би се унело у стандардан систем за конфигурисање,
- ✓ имплементира систем за конфигурисање и осигура да се систем може одржавати и даље развијати.

Процедура садржи, поред многих других ствари, методе за анализу пословних процеса који треба да буду подржани конфигуратором производа и методе за анализу и моделовање ширине производног програма. Процедура [14] (коју предлаже, *Hvam 2008*) садржи седам фаза:

1. Развој поступка спецификације (идентификовање, дефинисање, обликовање радних процеса, као и план активности и организација будућег посла)
2. Анализа ширине производног програма
3. Конструисање објектно оријентисаног модела
4. Избор софтвера за конфигурисање
5. Програмирање и тестирање
6. Имплементација система за конфигурисање
7. Одржавање и будући развој

Коришћење система за конфигурисање (конфигуратора) доводи до знатних унапређења пословних процеса који су оријентисани према купцу, а односе се на спецификацију производа који су према жељи купца. Неки од ефеката који се типично могу постићи су следећи [13], [15], [19], [20]:

- ✓ смањује време за израду спецификација (саставница производа, технолошких поступака, радионичких цртежа, итд.), некад и више десетина пута,
- ✓ бржи и квалификованији одговор на упите купаца. Лакше и уз мање ресурса купцу се презентује понуда,
- ✓ јасно дефинисана одговорност и мање грешака у изради спецификација за производ,
- ✓ могућност оптимизовања производа у складу са потребама купаца и ради смањења трошкова, на пример за материјал и производњу.

У случају прилаза генерисања, конфигуратор производа има два задатка:

- ✓ Први, да подржи купца у поступку конфигурисања изводљиве варијанте производа, наметањем раније дефинисаних пројектних ограничења.
- ✓ Други, да испуни поручбину путем монтаже свих делова у нову варијанту производа са циљем генерисања одговарајуће саставнице производа.

Постоје два прилаза у пројектовању фамилија производа [21]:

- ✓ Од горе на доле и
- ✓ Од доле не горе

У прилазу од горе на доле, компанија развија индивидуалне производе након што се одлучи за скуп заједничких карактеристика које ће бити коришћене у фамилији производа током пројектовања. У прилазу од доле на горе, различити производи су редизајнирани како би се укључили у фамилију производа, повећавањем броја заједничких карактеристика међу њима. Први прилаз постиже максималну предност из платформе производа [22], [23].

Да би се постигао циљ потпуно генеришућег конфигуратора производа, пружањем поузданог излаза (конфигурисаног производа) без значајне људске интервенције током извођења тог посла, постоје два конкурентске технике:

- ✓ Повећати интелигенцију система за конфигурисање или
- ✓ Упростити комплексност производа путем модуларности.

Прва техника односи се на писање једног експертског система, направљеног од база знања које садрже сва неопходна правила како би се исправно намонтирали различити делови и подсклопови у циљу генерисања новог производа из базе подсклопова. Инференцијални апарат унутар система за конфигурисање ће истражити базу знања у скалду са захтевима које је поставио купац и проверити да ли је такво решење (захтев) изводљиво. Први експертски систем XCON, који је на тржиште избацила компанија *Digital Research*, постао је типичан пример успешне примене технологије експертских система. XCON је био је добра илустрација комплексности одржавања знања. У 1989. години, његова база знања имала је више од тридесет и једне хиљаде компоненти и око седамнаест хиљада и пет стотина правила [11].

Друга техника односи се на упрошћавање интерфејса који се користи током поступка монтаже производа, до тачке која неће захтевати било какву „интелигенцију“ како би се намонтирали различити делови и подсклопови, а процедура се потом имплементира у постојећи систем за конфигурисање. Да би се могло овако нешто урадити, потребно је да се редизајнирају све постојеће фамилије производа и да се прихвате неизбежни недостаци производа који је скупљи и недовољно оптимизован.

Ипак постоји и трећи начин, за који се од почетка века већина инжењера и истраживача одлучује, а то је да се у опис производа угради интелигенција. Уколико стабло производа поред хијерархије склопа садржи ограничења које је потребно поштовати и производне технике, тада је могуће да се анализира захтев за новим производом и да се израде одговарајуће спецификације плана процеса помоћи „паметне“ апликације са правилима производње, која је уграђена у стабло производа. Овај прилаз захтева додатан напор од стране особља које развија производ, из разлога што поред пројектовања и развоја свих делова који припадају фамилији производа, потребно је и експлицитно нагласити ограничења и некомпатибилности које повезују сваки од различитих делова и подсклопова који чине производ. Предност је и у томе што се не захтева редизајн постојећих производа и могуће је прилагодити постојећи систем за конфигурисање скупу правила изградње која су боље структурирана.

У овом прилазу се могло видети конзистентно напредовање. Почело је са изградњом мета-стабала производа, која су заправо скупови правила за изградњу

составница за све производе који припадају истој фамилији [24]. Затим је предложено да се усвоји предметно-оријентисано приказивање производа, са циљем да се искористе предности које нуди предметно-оријентисана филозофија: наследност, лако поновно коришћење раније развијених модела, функционални опис компоненти производа, итд [25]. Овај прилаз некако природно води ка приказивању стабла производа кроз UML дијаграм класе или уопштено, помоћу моделовања класа и типова података у приказивању, независно од њихове имплементације.

Даљи напредак било је приказивање онтологије производа [26]. У циљу да се објасне разлози који стоје иза ове еволуције прилаза, потребно је да се и детаљно појаснити значај саставнице производа и њених основних правила.

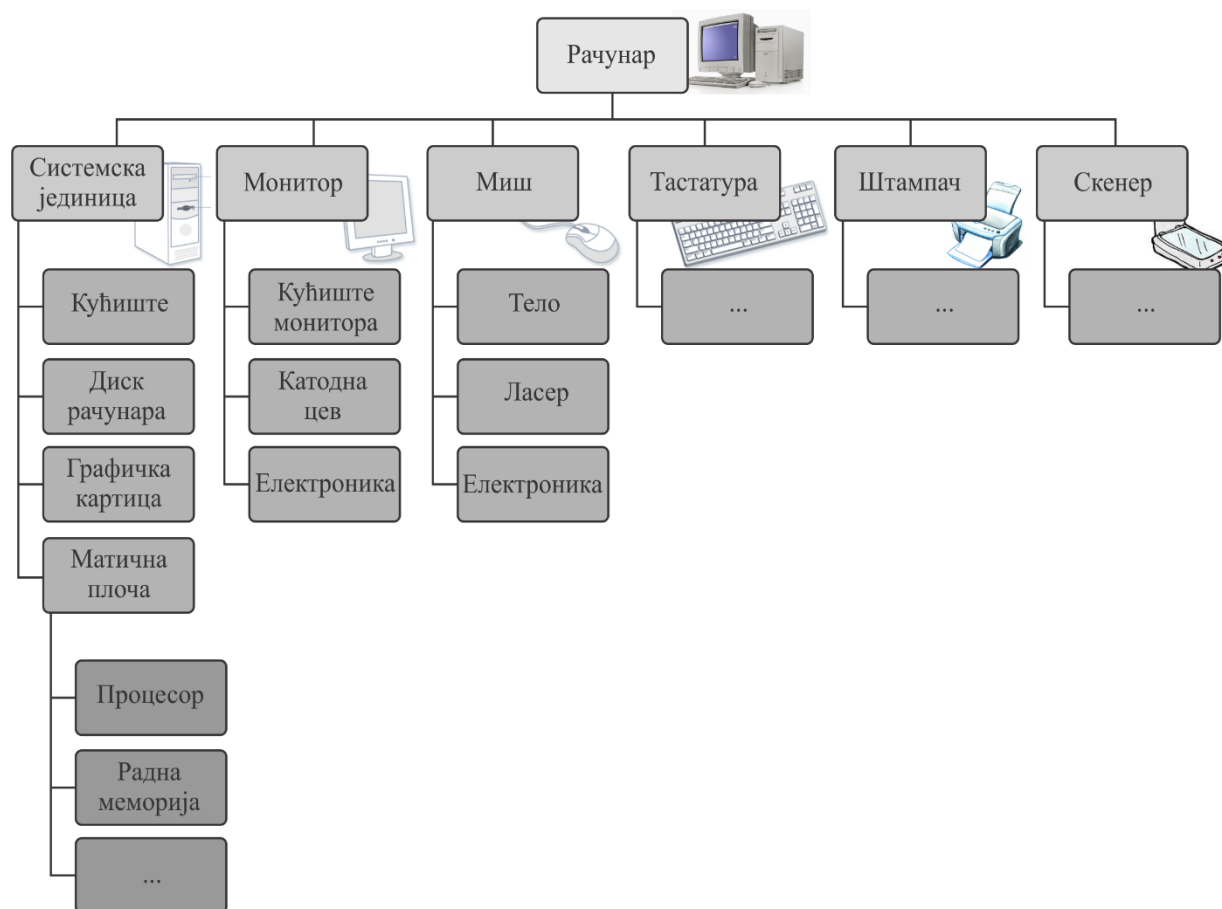
2.2 Саставница и стабло производа

Конфигурисање производа подразумева избор делова из скупа делова и компоненти и њихово организовање и структурирање у циљу изградње функционалног склопа. Коначан производ треба да задовољи одређен број захтева који потичу од купца или од персонала продаје, а могу и бити захтеви који потичу из концептуалне дефиниције новог производа. Другим речима, конфигурисање производа је активност чији улази су дефинисани према захтевима купаца, правећи јединствену варијанту производа који је купац вољан да купи. Излаз је генерисање докумената који садрже опис производа у складу са захтевима купца и овај документ се назива саставница. Саставница је организована хијерархијски где се на врху налази производ из којег се гранају подсклопови који чине производ. Из сваке од грана полазе нове гране из којих се добијају нови нивои детаља. Опис је направљен у смислу склопа из којег произилазе подсклопови, а из њих индивидуални делови. Саставница се графички представља помоћу стабла производа.

Стабло производа је стандардни начин за графичко приказивање структуре производа, добијен индустријским процесом монтаже његових саставних делова. Монтажа производа је процес „састављања“ коначне варијанте конфигурације кроз постепену монтажу његових компоненти, пролазећи кроз фазе монтаже, тако да је разумљиво разматрати различите компоненте као делове коначног производа, добијено кроз неколико узастопних фаза производње. У свакој од фаза дешава се спајање два или више делова коначног производа у подсклоп. У последњој фази, сви подсклопови се спајају заједно у један општи склоп.

Овакав начин производње и рада има одговарајући начин приказивања у виду оријентисаног графика, као сређене мреже повезаних чворова. Визуелно, саставница изгледа као „обрнуто стабло“ (са много грана које се посматрајући од доле, удружују све више и више све до „дебла“).

Како би се олакшало разумевање саставнице производа приказане кроз стабло производа, на слици 2.2., дат је пример за један производ који је свима добро познат.



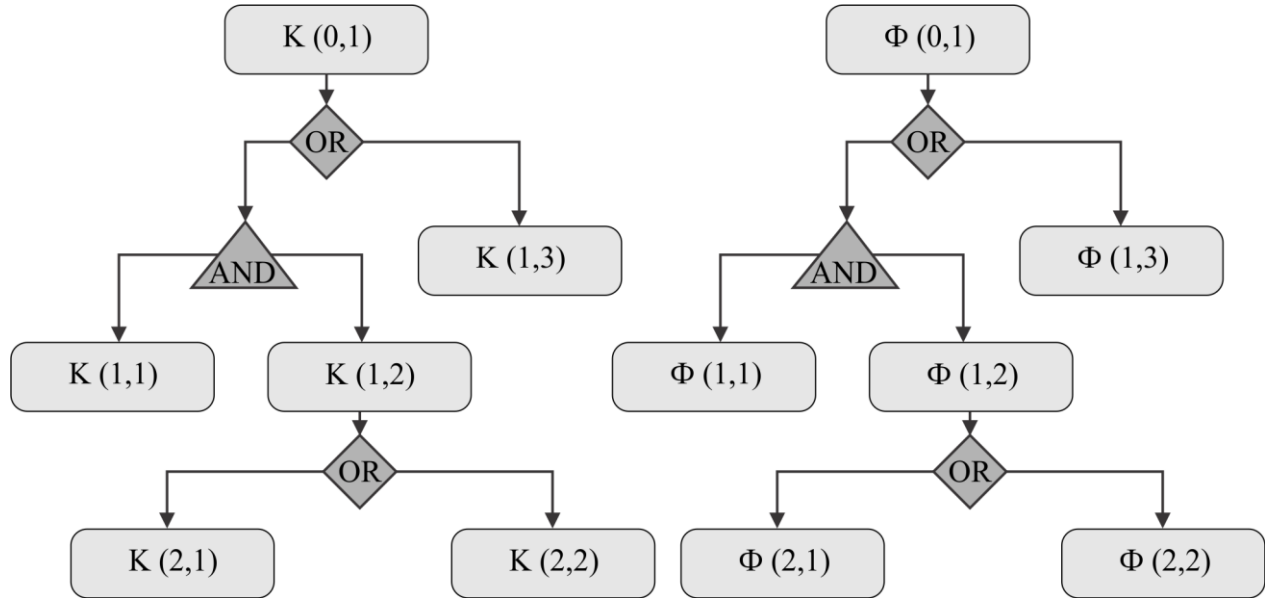
Слика 2.2. – Стабло производа за рачунар

Уколико се сортирају сви чворови у стаблу производа почев од крајњег чвора (који одговара намонтираном производу), од горе па све до последњег доњег нивоа, добија се приказ производа у погледу његових саставних делова. За сваку компоненту на датом нивоу, могу да се доделе једноставније изведене компоненте на нижим нивоима. Према хијерархијској логици, те компоненте вишег нивоа се називају „родитељи“, а оне са нижег нивоа „деца“.

Финалном производу одговара први ниво у стаблу производа, други ниво одговара подсклоповима од којих је израђен коначан производ и тако даље скроз до последњег доњег нивоа, док се не дође до делова који су купљени од екстерних снабдевача или су произведени унутар сопственог предузећа од сировина. Стабло производа представља приказ структуре производа, добијене монтажом, у којем су поред приказа свих неопходних компоненти, дат и приказ свих захтеваних фаза монтаже.

Свака конфигурација производа приказана је помоћу саставнице производа, тј. стабла производа. Свака ставка унутар саставнице представља објекат који је дефинисан одређеним бројем геометријских и функционалних атрибута (навода) и помоћу техника које су коришћене за производњу/набавку/монтажу истог објекта. Приказивање фамилије производа захтева израду супер-класе која обухвата све ставке унутар фамилије. Супер-класа је еквивалентна са мета-стаблом производа, које је стабло производа само са структуром грана и нивоима, али без истицања делова који припадају одређеном производу. Веза између различитих делова (ставки) или различитих нивоа који су описани

помогу логичких функција: *AND*, *OR* и *XOR*. Овакав начин описивања се назива мета-стаблом, зато што оно давајући правила повезивања описује све могуће варијанте стабла производа за фамилију производа. На слици 2.3., дат је заједно, пример стабла фамилије производа (на левој страни) и одговарајућег стабла функција које приказује функције додељене свакој од компоненти.



Слика 2.3. – Пример стабла компоненти и стабла функција

На слици 2.3., није дефинисан цео производ, само његов један део, али одређени скуп функционалних потреба упарен са одговарајућим физичким деловима (компонентама). Парови мета-стабала производа кроз опис фамилије производа дају опис функционалности које могу бити остварене различитим варијантама производа и допринос сваког од дела функционисању производа, док у погледу монтаже види се структура (конфигурација) сваког од производа. Фамилија производа описана у смислу функционалних вектора, тј. листе функција повезаних редом за фамилију производа $\Phi(0,1)$ и сваку од варијанти J , на датом нивоу детаља I , тј. $\Phi(I,J)$.

Према томе, стабло производа може се моделовати помоћи матрице веза, тј. матрице учесталости која поред прецизирања постојања везе између два чвора у стаблу производа, прецизира и тип везе. Матрица веза MV је генерисана применом следећих правила:

- ✓ $MV \{\Phi(i,j), \Phi(n, m)\} = \mathbf{1}$ ако $\Phi(i,j)$ део унутар $\Phi(n, m)$
- ✓ $MV \{\Phi(i,j), \Phi(n, m)\} = \mathbf{AND}$ ако $\Phi(i,j)$ треба да се споји са $\Phi(n, m)$
- ✓ $MV \{\Phi(i,j), \Phi(n, m)\} = \mathbf{OR}$ ако $\Phi(i,j)$ је алтернатива за $\Phi(n, m)$
- ✓ $MV \{\Phi(i,j), \Phi(n, m)\} = \mathbf{XOR}$ ако $\Phi(i,j)$ искључујућа алтернатива са $\Phi(n, m)$

Матрица увеза је асиметрична и сачињена је од доње троугаоне матрице са структуром производа и горње троугаоне матрице са везама.

Следећи корак представља предметно-оријентисано приказивање супер-класа производа, тако што се сваком од делова (компоненти) додељује једна или више функција и његови геометријски и технички атрибути (Слика 2.3). Ово се ради у *STEP*-у, који

представља стандардно приказивање података о производу употребом формалног језика *EXPRESS*.

2.3 Процес конфигурисања производа

Информације прикупљене од купаца, односно техничких информација о производу које најбоље задовољавају потребе купаца представљају улаз за активности процеса конфигурисања. Ове информације се прикупљају кроз интеракцију између компаније и купаца. Ова комуникација је у основи важна из два разлога.

Прво, карактеристике понуде производа су дефинисане од стране компаније и предочене купцу, омогућавајући му да истражи различите варијанте понуда, а затим му пружити помоћ приликом избора одговарајуће варијанте производа са карактеристикама које најбоље одговарају његовим потребама. Што је комуникација ефикаснија, то су веће могућности да купац одлучи о својој куповини.

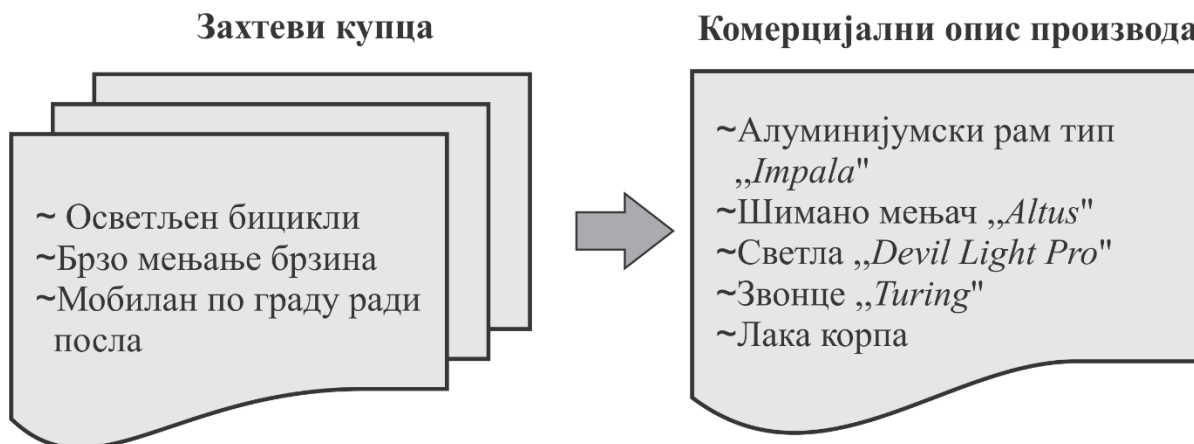
Друго, опис варијанте производа као резултат ових интеракција, ствара серију очекивања у погледу коришћења и услуге коју нуди сама варијанта. Што је прецизнија комуникација о карактеристикама производа, то је веће задовољство код купца. Ефикасна и исправна комуникација о карактеристикама фамилије производа коју је купац изабрао, не представља лак и једноставан задатак. То је због чињенице, да се не тако ретко, језик који купац користи како би описао производ и његове функционалности, разликује од језика који користи компанија како би описала тај исти производ. Тада је неопходно да се захтеви купаца „преведу“ у комерцијалне карактеристике производа које је компанија дефинисала. На пример, уколико два потенцијална купца система за озвучење просторија изразе жељу да на свом уређају слушају Шопена или Баха, тада би специјализовани продавац првом потенцијалном купцу требао да понуди систем опремљен са појачалом за високе тонове, како би се постигла адекватна веродостојност звука док се слушају високи тонови клавира, док би другом потенцијалном купцу требао да предложи систем који има вишу сталну снагу како би могао да максимизује ниске тонове, које очигледно преферира други купац.

Језик који користи потенцијални купац производа како би објаснио производ и језик продавца производа који директно или индиректно комуницира са купцем, нису увек толико различити. Постоје ситуације у којима купац поседује значајна знања о карактеристикама производа и уме да их објасни на исти начин како то ради и кадар продаје. Рецимо, на примеру аутомобила, где се пре могу чути купци, поготово они млађи, како траже „1,9 ЈТД Стил са бочним баздушним јастуцима“, него „један економичан Фиат просечне величине, који је такође брз и безбедан“. Међутим, иако купац поседује значајна техничка знања о производу и даље посотоје разлике у начину описивања одређених карактеристика производа и начина како их је објаснио снабдевач или сам продавац. Такође, купац можда користи технички језик, али често комуницира у смислу функционалности тог производа него у погледу комерцијалних карактеристика које он поседује.

Када број комерцијалних карактеристика које је потребно дефинисати пређе цифру од десет или чак дође до неколико стотина, као што је рецимо случај за разбојом у

текстирној индустрији, тада је неопходно постојање подршке за конфигурисање комерцијалних активности. Чињеница је да је стручност техничког особља од велике важности када се узме у обзир међузависноти између свих карактеристика које је потребно дефинисати или када се процењују само на изглед сличне алтернативе карактеристика производа које боље задовољавају специфичне потребе и захтеве купаца.

Први и основни корак ка конфигурисању производа представља „превођење“ информација добијених од стране купца, о конкретном производу везано за функционалност, техничке параметре, чак и очекивања, у опис свих комерцијалних карактеристика коришћених од стране компаније како би се дефинисала конкретна варијанта производа [13]. Другим речима, задатак који је дефинисан као комерцијално конфигурисање (Слика 2.4.).



Слика 2.4. – Од потреба купца до комерцијалног описа производа [13]

Комерцијална конфигурација представља опис производа који је купац вољан да купи, а компанија се слаже да га произведе и испоручи. Штавише, у комерцијалном опису производа неке карактеристике нису стриктно повезане са самим производом, а могу бити укључе у опис, као што су цена, услови испоруке, паковање, итд.

Карактеристике које одређују исправну комерцијалну конфигурацију су две:

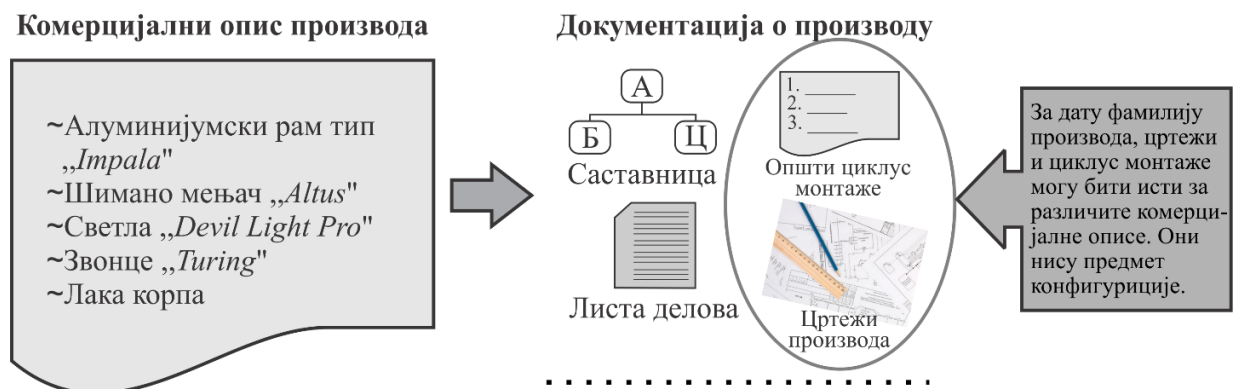
1. Потпуност: подразумева да су све комерцијалне карактеристике производа дефинисане.
2. Подударност: карактеристике су међусобно усклађене, чиме се потенцијалне колизије елиминишу.

Стога, може се рећи да је комерцијално конфигурисање процес који представља све оне активности које се спроводе како би се идентификовао комплетан и подударан комерцијални опис производа који најбоље одговара уахтевима које је поставио купац.

Након добијања комплетног и подударног комерцијалног описа на основу којег купац базира своју поруџбину и по завршетку попуњавања исте, потребно је решити проблем производње варијанте коју је купац захтевао. Информације које су прикупљене кроз комерцијални опис производа нису довољне да би се производ могао израдити. Те информације прецизно описују шта то купац жели, али не морају и обезбеђивати све нужне податке за његову производњу. Другим речима, да би се израдила жељена варијанта производа нужно је да постоји технички опис производа. Када је присутна велика

варијантност производа, тада један овакав опис постаје тежак задатак, зато што параметри који описују производ са техничког становишта, зависе од параметара који описују производ са комерцијалне тачке гледишта. Очигледно је да неки од ових типова параметара зависе од комерцијалних избора које направи купац. Повремено, у неким случајевима, догађа се да се комерцијалне карактеристике подударају са техничким и тада је избегнут претходно поменути проблем.

Када су дефинисане све техничке карактеристике производа, прелази се на њихово архивирање, а потом на дељење са осталим одељењима, у формату који је практичан и разумљив за све унутар предузећа [13]. Ове информације постају документација о производу. У групу типичних докумената о производу спадају: саставница, технолошки поступак, радионички и склопни цртежи, итд (Слика 2.5.).



Слика 2.5. – Од комерцијалног описа до документације о производу [13]

Природа ових докумената у одређеној мери, зависи од специфичности типа производа и саме компаније. У случају да је производ добијен монтажом великог броја компоненти, било би значајно да се у саставници производа нагласи како се различити делови монтирају да би се добио коначан производ. У случају када производи захтевају неки специфичан процес производње, тада је процес производње од фундаменталног значаја.

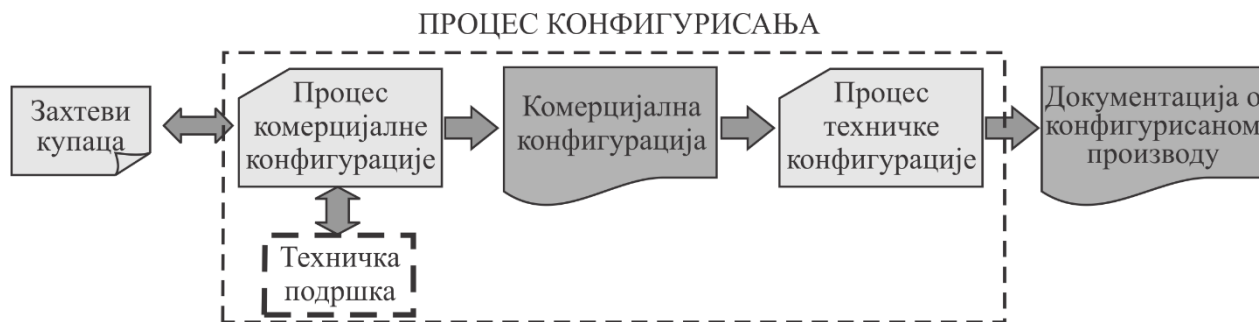
Превођење техничких карактеристика у документацију о производу има двоструки циљ:

- ✓ Могућност да се инструкције прикажу на један лак и разумљив начин за производњу варијанте производа коју је описао купац и
- ✓ Могућност да се информације складиште систематично и у одређеном реду, тј. употребом претходно дефинисаних логичких структура као што су: саставнице производа, технолошки поступци, итд.

За процес техничке конфигурације може се рећи да су то све оне активности које доводе до генерисања документације о варијантама производа, базиране на комерцијалном опису сваке од варијанти.

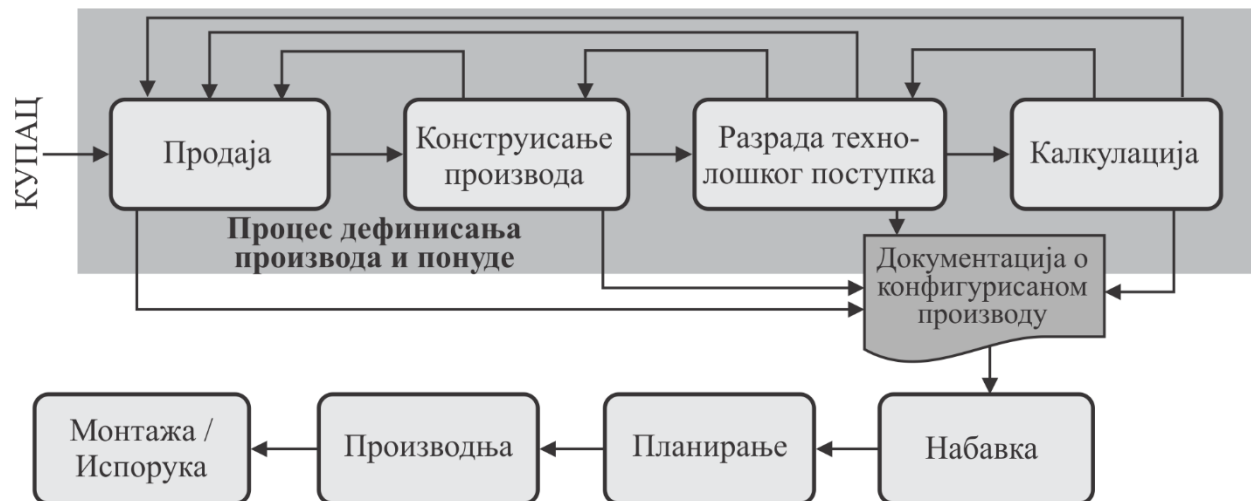
Комбинујући дефиниције комерцијалне конфигурације и техничке конфигурације могуће је доћи до опште дефиниције процеса конфигурисања. Процес конфигурисања производа обухвата све оне активности од прикупљања информација о жељама и

потребама купаца до комплетног дефинисања све документације о производу неопходне за производњу жељене варијанте (Слика 2.6.).



Слика 2.6. – Шематски приказ општег поступка конфигурисања производа [13]

Слика 2.7., приказује активности које је потребно извршити као део процеса конфигурисања који компаније обављају. Те конфигурације, детаљно разрађене, представљају основу за активности као што су: набавка, планирање, производња, монтажа и испорука.



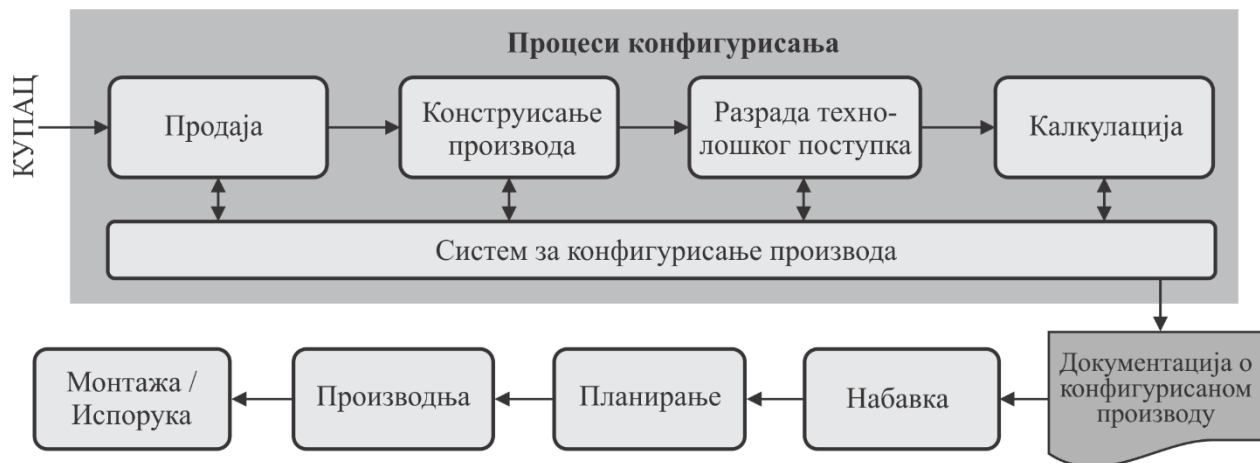
Слика 2.7. – Процес конфигурисања унутар компаније

Као што се може видети са претходне слике, активности везане за процес конфигурисања су обично подељене између различитих департмана / функција унутар компаније. Различита запослена лица унутар предузећа су укључена у поступак дефинисања производа и начина на који ће исти бити произведен, што доводи до закључка да постоје многе активности које не додају вредност производу, да се јављају проблеми у координацији, како унутар департмана тако и у комуникацији између истих.

Могуће је направити систем за конфигурисање који подржава све те активности и повезује их. Један од примера за то је и коришћење система за конфигурисање у активностима које обавља продаја. Стварајући систем за конфигурисање производа, инжењери који су ангажовани на пројектовању производа и производног процеса дефинишу правила за изградњу производа, начин рада, итд (тзв. модел производа), тако да ово знање може бити представљено експлицитно и уграђено у систем за конфигурисање,

што касније особље функције продаје компаније може користи за конфигурисање производа у сарадњи са купцем.

Ово омогућава продавцу производа да на једном месту прикаже заједно производ који је по жељи купца и ускладу са тим израчуна цену. У исто време, купац је осигуран са добро документованим описом производа у раним фазама процеса. У принципу, изградња оваквог система за конфигурисање значи да је знање једне организационе јединице предузећа моделовано и доступно осталим јединицама унутар предузећа. Слика 2.8., приказује како изградња система за конфигурисање доприноси подршци и интеграцији активности унутар компаније које су везане за процес конфигурисања.



Слика 2.8. – Подршка и интеграција активности током процеса конфигурисања помоћу система за конфигурисање

Када је знање о производу и његовом начину израде уграђено у систем за конфигурисање, многе повратне информације, као и проблеми координације су избегнути. Коришћење система за конфигурисање доводи до радикалних промена у процесу конфигурисања, а тиме и у интерне радне процедуре и организацију компаније.

Радно окружење и активности запослених су овим приметно промењени. За инжењере/ техничаре, оваква промена у односу на начин како се радило раније, на операционом нивоу, као што је разрађивање спецификација за кастмизоване производе, значи да сада морају да развију и одржавају систем за конфигурисање, који потом подржава развој спецификација (или аутоматски производи спецификације), стартујући са купчевим жељама. Другим речима, инжењери и техничари су сада постали „менаџери модела“ који не само да треба да омогуће димензионисање конкретног производа према жељама купца, у циљу израде и коришћења система за конфигурисање, него и да буду способни да изразе и моделују своје знање у форму која може да се угради у систем за конфигурисање.

Процеси конфигурисања су део конструкционе и технолошке припреме производа. У слици 2.9., су помоћу три одвојена ланца активности описане акције у једном индустријском предузећу, где је оперативни систем додатно подељен у ланац поруџбина, покривајући продају, спецификације, планирање, набавку и фактурисање/додатне калкулације, док производни ланац описује физичке активности које је потребно спровести како би се процес производње несметано одвијао.

У горњем делу ланца поруџбина обавља се процес конфигурисања кастмизованог производа, заједно са инструкцијама како би такав производ требао да се изradi, монтира, транспортује, користи, сервисира и коначно на крају, рециклира (особине животног циклуса производа). Производња је приказана кроз производни ланац (Слика 2.9.) и наступа на основу конфигурисања и планова који су разрађени у ланцу понуда.



Слика 2.9. – Процес спецификације и његово окружење [14]

Процеси конфигурисања су приказани као део ланца поруџбина, који укључују активности извршене као део продаје и извршења поруџбина. Конфигурисање кастмизованог производа и особине његовог животног циклуса су праћене планирањем и контролом производње, набавком материјала, обављањем производног процеса, фактурисањем и ако је неопходно додатним калкулацијама.

Део активности процеса конфигурисања као што су израда саставница производа и технолошки поступак, су предуслов како би било могуће да се спроведе процес планирања производње и набавке. Ако се компанија бави производњом кастмизованих производа, тада је нормално да није могуће планирати захтеве за материјалом или производне капацитете пре него што је извршена конфигурација производа, израђене саставнице производа и технолошки поступак, заједно са временом које је потрошено за сваку операцију.

Први ланац (ланац развоја) описује развој програма производње и развој радних процеса који доводе до кастмизованог производа. На претходној слици приказан је развој процеса конфигурисања и система конфигурисања, заједно са развојем система планирања и производње, као пример развоја радних процеса који воде ка производу конфигурисаном од стране купца. Развој програма производње укључује развој подсклопова који могу бити постављени заједно, а затим модификовани у ланцу поруџбина – на пример помоћу система за конфигурисање - конфигуратора.

У процесима спецификације унутар ланца поруџбина спроводе се свакодневне спецификације кастмизованих производа и развој спецификација производње након чега је могуће да се изврше планирање, набавка, производња, монтажа, испорука и све остало након тога.

Конфигурисање кастмизованих производа представља релативно рутинску активност, која се одвија на основу знања генерисаног у вези са развојем производног асортимана и системом за конфигурисање. Конфигурисање кастмизованих производа, у идеалном случају, одвија се путем употребе подсклопова развијених током процеса развоја. Насупрот томе, процеси развоја су креативни, са простором отворених решења и високим степеном слободе.

2.3.1 Додатне активности у процесу конфигурисања

Да би се описао општи процес конфигурације, применљив за различите производе и у различитим контекстима, намеће се коришћење изузетно поједностављеног модела. Специфичне потребе компаније се често мењају, као и саме додатне активности неопходне да се дође до конфигурисаног производа или су само премештене на другу позицију унутар процеса конфигурисања. Да би процес конфигурисања производа био у потпуности јасан, потребно је да се дефинишу и додатне активности које се одвијају унутар тог процеса, као и њихови циљеви:

- ✓ *Могуће варијанте производа треба искомунитирати са купцем.* Потребно је да се у првом кораку процеса конфигурисања контактира купац. Исправна комуникација о понуди производа који има компанија је од суштинског значаја да се једна таква понуда претвори у поруџбину, а после и у успешну продају. Потребно је дати прилику купцу да процени колико различите варијанте производа задовољавају његове потребе.
- ✓ *Сакупити и архивирати потребе купца.* Информације прикупљене од купаца, које описују њихове афинитете, представљају битан ресурс за компанију. Анализом

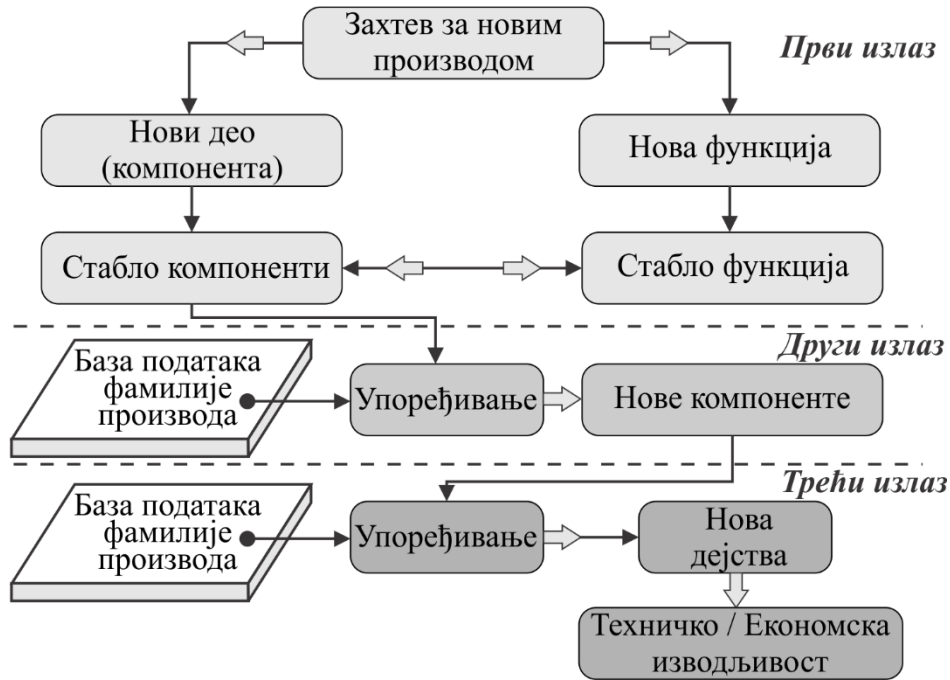
оваквих информација могуће је детектовати трендове на тржишту, а затим и разумети како се то захтеви купаца мењају у времену.

- ✓ *Верификовати потпуност и подударност.* Прикупљање захтева од купаца мора бити потпуно и подударно како би се избегли непотребни додатни сусрети са купцима око недостајућих информација или да би се решила недоследност у изборима које је начинио купац.
- ✓ *Достављање описа производа или услуге (цртежи, текстови, дијаграми, итд.).* Основа комуникације између купца и компаније јесте опис производа или услуге која треба да се конфигурише. Опис укључује комерцијалну конфигурацију и може се комплетирати са другим типовима описа производа, као што су: цртежи (радионички и склопни), дијаграми, текст (упуства за употребу производа), или чак видео снимцима који илуструју употребу производа.
- ✓ *Одређивање цене.* Очигледно је да је цена један од кључних фактора који утиче на одлуку купца о куповини производа. У случају производа који се може произвести у више различитих варијанти, теже је установити цену јер свака варијанта захтева трошкове који варирају од односу на изабрану алтернативу.
- ✓ *Одређивање услова испоруке.* Слично као и са ценом производа, време испоруке исто зависи од специфичности варијанте коју је купац изабрао.
- ✓ *Класификовање варијанти производа.* Уколико компанија нуди велики број варијанти, тада се мора позабавити и проблемом како да их идентификује.
- ✓ *Избор компоненти (делова).* Након што су комерцијалне карактеристике производа дефинисане, нужно је да се идентификују и све компоненте од којих се производ састоји.
- ✓ *Одређивање параметара за нестандартне компоненте.* Веома често, неке од компонента које одређују конфигурацију коначног производа нису стандардне и морају се прилагодити жељама купца. Као што је рецимо случај са дужином рукава и ширином рамена за кошуљу.
- ✓ *Одређивање везе између компоненти.* Једном када су стандардне и нестандартне компоненте одређене, потребно је да се установи како се сада оне међусобно повезују. Често када се одабере другачија варијанта производа, дође и до промене веза које и спајају.
- ✓ *Опште производне инструкције како да се одређена варијанта производа изради.* Пошто су различити делови и везе између њих дефинисани, нужно је да се тада те информације обраде на један јасан и разумљив начин ради оних који су задужени да потом тај производ и израде.

Уколико је купац тај који преузима на себе да предложи нову варијату производа у погледу нових функционалних захтева и/или нових компоненти изабраних из „библиотеке“ делова, тада се конфигурисање нове варијанте производа може разложити у три излаза међусобно повезана (Слика 2.10).

Први излаз је израда стабла производа и функција за одговарајућу жељену варијанту производа. Ово представља истицање класе стабала производа која су одговарајућа за фамилију производа. До решење првог проблема долази се детаљном

применом предметно-оријентисаних метода: мапирањем деловања новог пројекта у функције фамилије производа, маскирање функција класе које нису захтеване од стране купца, провера компатибилности припадних интерфејса. Први корак је постао могућ захваљујући правилу наслеђивања унутар једне предметне класе. Чињенично је стање, да ће све функције које су у nižем хијерархијском нивоу бити наслеђене од стране нове функције, уколико купац тражи нову функцију која замењује неку постојећу.



Слика 2.10. – Разлагање проблема у три главна излаза [13]

Други излаз укључује дефинисање нацрта методе процеса планирања у сврху верификовања изводљивости. Ово се може постићи путем трансформације стабла производа у одговарајуће производне секвенце. Тада се структура стабла производа директно претвара у производно стабло применом концепата „препознавања облика“.

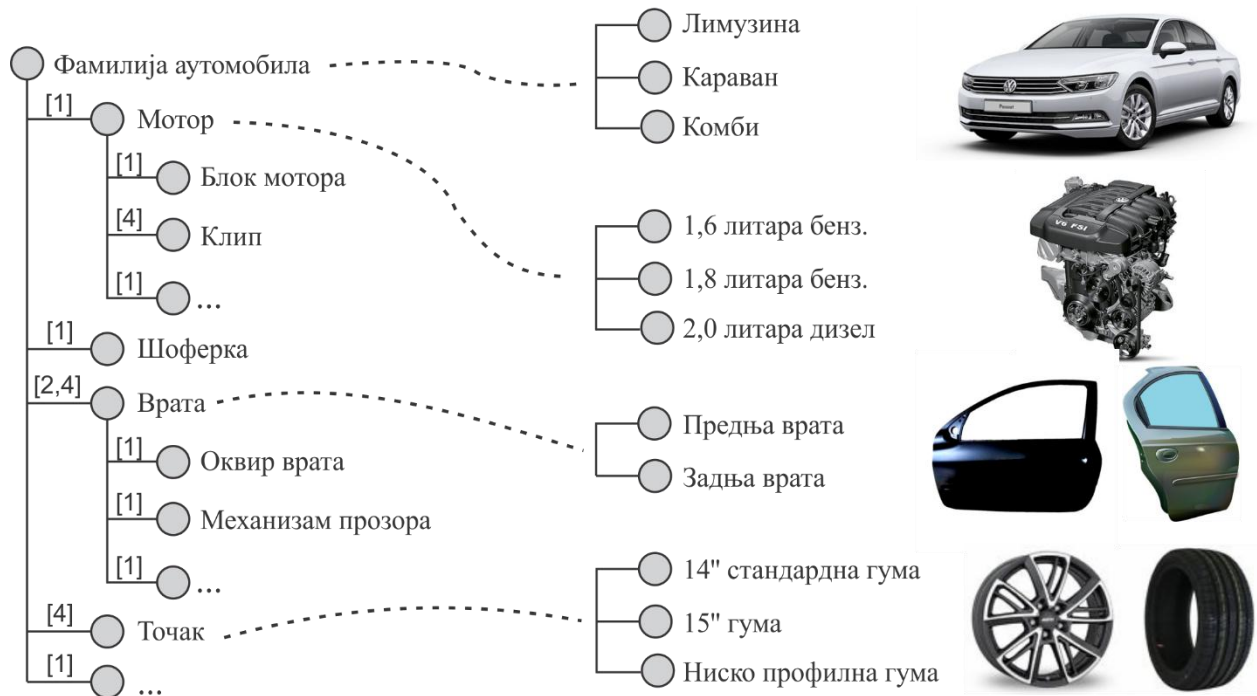
Трећи излаз представља дефинисање распореда процеса производње нове варијанте производа, како би се проценило време трајања процеса производње и трошкови исте. За сваку од операција дато је време трајања и трошкови, тако да је могуће проценити време завршетка комплетног производа и трошкове производње.

2.4 Генератор варијанти производа

У наставку је дат детаљни приказ генератора варијанти производа и припадајућег концептуалног апарата, а терминологија је базирана према Улфу Харлоу [27]. Пре него што се уђе у детаље, дат је један мали пример генератора варијанти производа (Слика 2.11.), који показује део генератора варијанти производа за три фамилије аутомобила.

Лева страна слике 2.11., описује општу структуру производа. Аутомобил се састоји од мотора, шоферке, врата, точкова, итд. Десна страна слике приказује које варијанте тих

подсклопова и делова су доступне. Приказане су три фамилије производа: лимузина, караван и комби. Слично томе, слика приказује да је и мотор доступан у три варијанте: 1,6 и 1,8 литара бензински мотор и 2,0 литара дизел мотор.



Слика 2.11. – Генератор варијанти производа за три фамилије производа [27]

Уопштено речено, лева страна горе приказане слике (позната као „део о структури“) о генератору варијанти производа приказује компоненте које су укључене у производ, док десна страна слике (позната као „врста структуре“) приказује варијанте које су доступне.

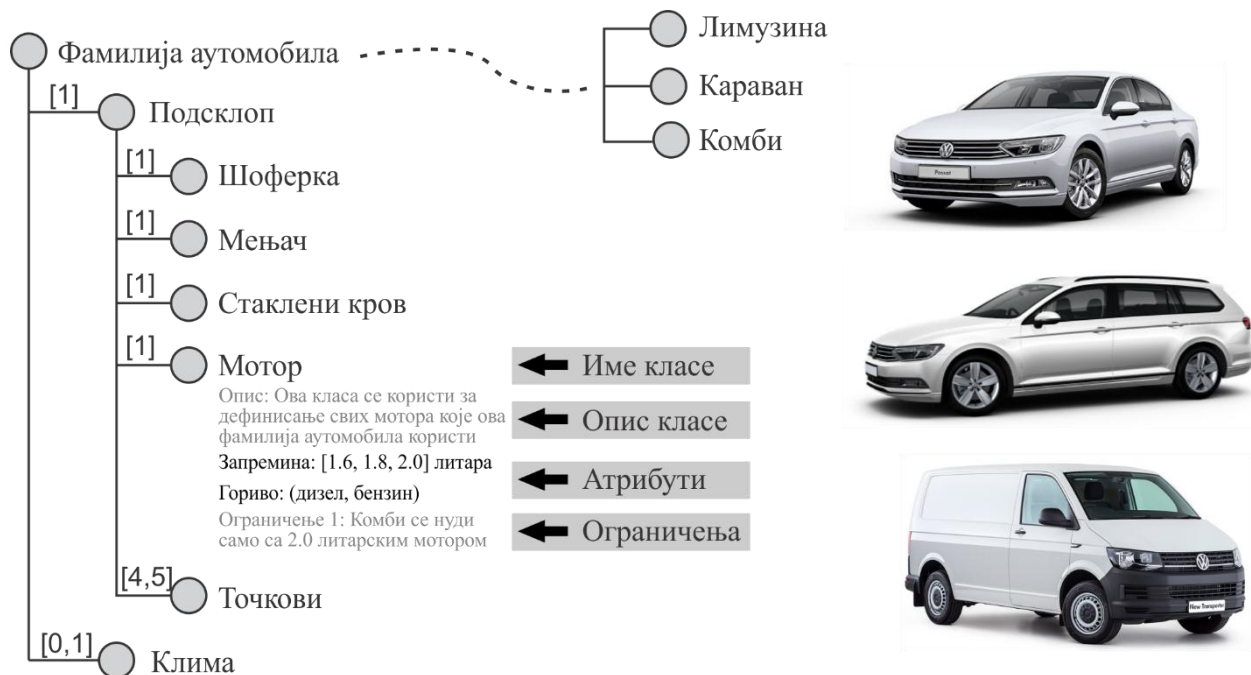
У наставку су детаљно описани принципи моделовања генератора варијанти производа. Опис понекад изгледа као да је превише детаљан, али посао са генератором варијанти производа је подељен између више људи и тада је од кључне важности да постоје фиксни принципи којих ће се цео тим држати. Пратећи „језик“ за моделовање производа и фамилија производа је општи за све производе и може да опише комплетан производни програм, његове домете у погледу варијација и сво знање везано за могуће постојеће комбинације делова.

2.4.1 Дефиниција класе

Класа је дефинисана у скалду са предметно-оријентисаном парадигмом, као група предмета са истом структуром или функцијом. У генератору варијанти производа, свака класа је означена са обојеним кружићем. Један од примера класе су точкови, који се могу састојати од подкласа као што су велики и мали точкови. Сви точкови, тј. класа точкови има описне атрибуте као што су величина, материјал, боја, итд., што је заједничко за све точкове.

Како би се избегли неспоразуми, свака класа има јединствено име у интерпретацији генератора варијанти производа. Слика 2.12. илустрије како су класе приказане са круговима и кратком хоризонталном линијом на леву страну. Најосновнији атрибут једне класе је њено име. Име класе се пише лево од кружића који презентује класу.

Из практичних разлога, име класе би требало да буде релативно кратко. Када постоји потреба да се нешто објасни детаљније, за то постоји опис класе, у којем се текст обично пише сивом бојом (Слика 2.12.).



Слика 2.12. – Принципи за описивање класа у генератору варијанти производа [27]

Класа може да садржи атрибуте. Ти атрибути описују саму класу и њене варијације атрибута. Један пример може бити боја као атрибут, док су варијације атрибута рецимо плава, зелена и жута боја. Атрибути су уписани у пољу „опис“ под датом класом или ако не постоји опис класе, онда одма испод имена класе.

Ограничења описују правила како се могу комбиновати класе и атрибути. Ограничења која су описана горе на слици, налазе се под листом атрибута за дату класу која се посматра.

2.4.2 Хијерархија класе – део структуре и врста структуре

Класе су приказане кроз две хијерархије које су познате као део структуре и врста структуре. Као што је приказано на Слици 2.13., класа може садржати једну или више класа у делу структуре. Уколико се чита од доле на горе, класе на вишим нивоима су означене као супер-део. У примеру на Слици 2.13., класа „фамилија аутомобила“ је супер-део у односу на класу „Подсклоп“. Класа „шоферка“ је под-део у односу на класу „Подсклоп“.



Слика 2.13. – Илустрација везе под-дела и супер-дела у класи [27]

Класа у делу о структури има кардиналност. Кардиналност описује колико под-делова дата класа има. На пример, аутомобил обично има четири точка, према томе, кардиналност је четири за класу точкови. Кардиналност је дата преко броја, на пример (4), или као интервал (2-7) или посебан скуп бројева (2,5,6). У примеру који је дат кроз слику 2.13., кардиналност за точкове је 4-5, што значи да посматрани аутомобил може да има 4 или 5 точкова.

Врста структуре описује распон вариације за дату класу. Везе између класа у врсти структуре означене су као супер-врста и подврста (Слика 2.14.).

2.4.3 Дефиниција атрибута

Атрибути су описни параметри за класе, као што је рецимо тежина, цена, број кода, итд. У генератору варијанти производа, могу се разликовати различите врсте атрибута – на пример, атрибут може бити идентификатор, реалан, „integer” или „boolean”. Значење поменутих појмова је објашњено у наставку:

- ✓ Идентификатор – атрибут који је описан помоћу низа текста, на пример боја [црвена, зелена, плава].
- ✓ „Integer” – је цео број, који може бити позитиван, нула или негативан, на пример: 5, 0, -10, 1, 2, 3. „Integer” се може дефинисати као број (2), интервал (2-7) или одређени скуп бројева (2, 5, 8).
- ✓ Реалан – реалан број се може бити спецификован на пример, као 2,7, као интервал (2,5 – 2,9) или као одређен скуп бројева (2,7; 5,6; 9,4).

- ✓ „Boolean“ – атрибут који може бити тачан или нетачан, на пример, присуство меморијског диска у рачунару (тачно, нетачно).



Слика 2.14. – Приказивање супер-врсте и под-врсте за класу [27]

Атрибути су део описа класе, као што се види на Слици 2.14. Атрибут се формално приказује са именом атрибута којег прати интервал вредности и мерна јединица, на пример - „тежина (20-77) (кг)“. Тежина је име атрибута, интервал вредности је од 20 до 77, док је мерна јединица (кг).

2.4.4 Ограничења

Генератор варијанти производа обично садржи много класа или компоненти, које се могу комбиновати на различите начине како би се формирао одређени производ. Често, није у интересу да се све комбинације понуде тржишту, а притом постоје и физичка ограничења за начин на који се компоненте могу комбиновати међусобно. Да би се описале међусобне везе између компоненти, користе се ограничења. Ограничење је правило, које описује како се класе и атрибути могу или не могу комбиновати, Постоји четири типа ограничења:

- ✓ Вербална – ограничења су описана помоћу једне или више реченица, као рецимо: „отворени спортски аутомобил се не продаје са кровним отвором“.
- ✓ Логичка – ограничења се објашњавају са формалном или полу-формалном логиком, на пример, „спортски_аутомобил → НЕ кровни_отвор“.
- ✓ Калкулације – ограничења су дата у погледу калкулација, на пример, „аутомобил_тежина=мотор_тежина + шасија_тежина“.

- ✓ Табеле комбинација – табеле се користе како би се описале међусобне везе компоненти.

2.5 Прилази за моделовање конфигурационалног производа

Када је реч о концепту конфигурационалног производа он укључује многе области истраживања које се међусобно укрштају. Са стране пројектовања производа, потребно је пратити смернице масовне производње прилагођене жељама купаца: модуларност [28], истоветност [29], одлагање [30]. Сви ови концепти су познати, опште прихваћени и коришћени заједно са предметно-оријентисаним пројектовањем у истраживањима многих научника [31]–[33].

Заједничке карактеристике примера конфигурационалног производа који се данас могу срести јесте да су знање и информације о производу и његовој изради и монтажи формализована и постављена у информациони систем (систем за конфигурационално пројектовање производа - конфигурационални систем). Према томе, данас конфигурационални системи садржи висок ниво формализације, висок ниво подршке информационе технологије и упадљиво побољшање перформанси у погледу предвидивости, ефикасности и квалитета.

2.5.1 Масовна производња према жељи купаца (*mass customization*)

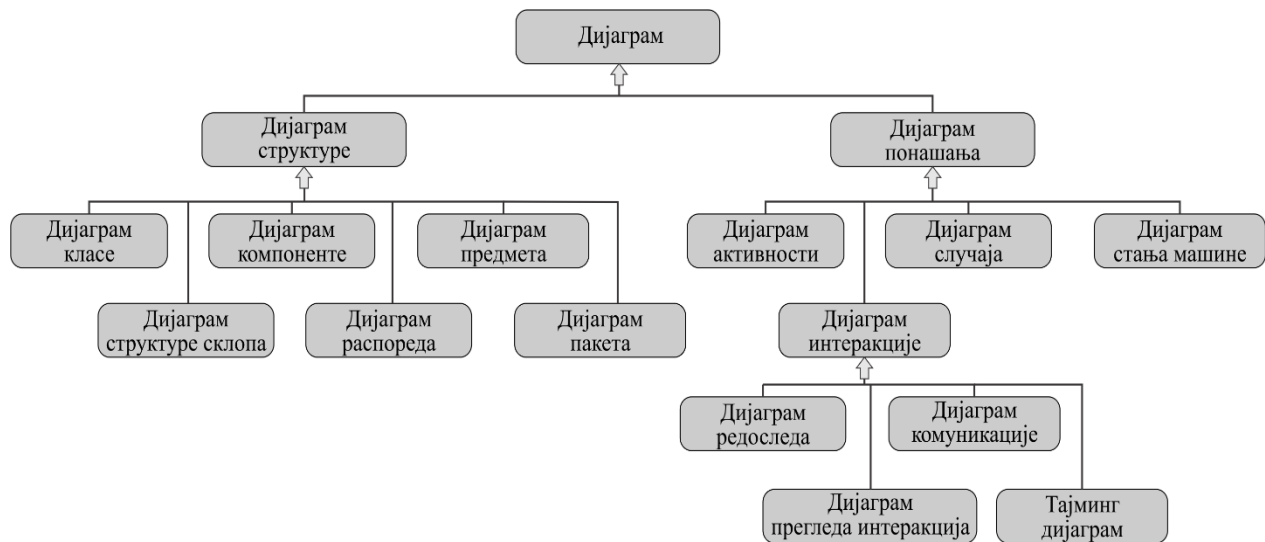
Модуларна концепција има за циљ пројектовање елемената производа са способностима која су изнад стандардних (они су способни да задовоље редувантан скуп захтева), на начин да могу бити замењиви: модули. Истоветност је уопштена употреба истог модула унутар различитих производа. Модуларност зависи од две карактеристике производа: сродности између физичке и функционалне архитектуре, минимизирања интеракције између компоненти. Неки од истраживача (*He, Jiao, Tseng*) предлажу моделе усмерене на изградњу модуларних фамилија производа [34], [35]. *He* предлаже матрицу разлагања стабла производа у циљу како би нагласио елементе који су заменљиви или независни. *Jiao* предлаже метод за развој архитектуре фамилије производа, посматрајући са три различита гледишта, како би класификовао варијанте производа: функционалног, техничког и физичког.

2.5.2 Предметно-оријентисано пројектовање

У предметно-оријентисаном прилазу, објекат је скуп повезаних променљивих и метода [36]. Објекти су модел предмета из реалног света, заједно са стањем и понашањем. Класа је копија или прототип који дефинише променљиве и методе које су заједничке за све објекте одређене врсте. Сваки објекат се добија помоћу класе. Класе се могу дефинисати у односу на друге класе. Свака класа са нижег нивоа (подкласа), наслеђује стање од класе која је на вишем нивоу (супер класе).

2.5.3 UML дијаграми класе

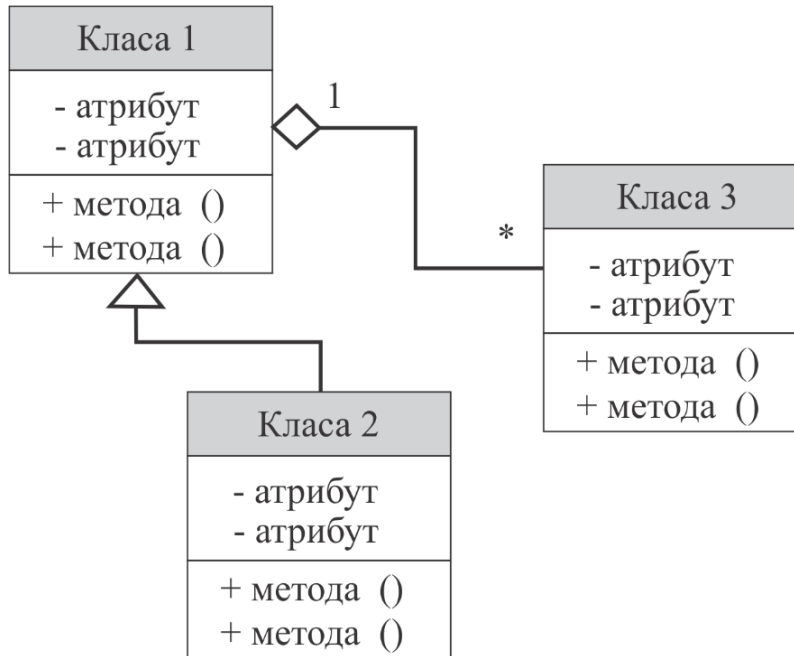
Структура класе се може графички представити употребом Јединственог Језика за Моделовање (UML) дијаграма класа [37]. *UML* је широко прихваћен као формализам за спецификацију и моделовање у различитим обласима деловања. Овај језик је еволуирао у јак конвергент између различитих, такмичарских али семантички веома сличних језика и других језика за спецификацију и формализам који су независно развијани од стране софтверских инжењера. Чињенично је стање, да *UML* данас представља стандард за описивање софтверских појмова и веза, од почетне концепције па до фаза спецификације, пројектовања, имплементације, тестирања и на крају даљег развоја. *UML* је базиран на скупу од неколико врста графичких дијаграма (Слика 2.15.), где сваки са својом специфичном семантиком омогућава да се изрази и прикаже статичко или динамичко понашање неког система [38]. Графички начин обележавања је проширив кроз механизме стереотипа (тј. дефинише нову семантику за постојеће симболе додавањем <ознака> на њих) и одговарајуће текстуално објашњење, за размену информација између различитих алата и аутоматску обраду информација од стране процедура које је дефинисао корисник, што је такође стандардизовано.



Слика 2.15. – Скуп UML 2.1 стандардних дијаграма [13]

Развој UML-а као формализма спецификације који је посебно оријентисан ка софтверским компонентама је евидентан кроз снажну подршку предметно-оријентисаних конструкција (класа, својстава, метода, наслеђа, интетејса, итд.), посебно прилагођеним високом степену флексибилности који поседују софтверски системи. Међутим, захваљујући потпуношћу формализма, широкој примени овог језика и неколицини алата који га подржавају, UML се врло успешно примењује и у несофтверским подручјима. На пример, аутомобилска индустрија развила је аутомобилски UML [39], како би се могле моделовати комплексне интеракције које врше активни подсистеми у данашњим модерним четвороточкаши. Такође, захваљујући једном наставку који се зове *Embedded UML* може се вршити моделовање система који раде у реалном времену [40], а производни системи се могу описати и симулирати помоћу UML приказа [41].

На слици 2.16., дат је пример UML дијаграма класе. Свака класа скицирана је као правоугаоник са три одељка унутар себе. Одељак скице који се скроз горе носи назив предмета. Одељак са атрибутима се налази у средини и садржи листу карактеристика компоненти предмета. Одељак везан за функционисање се налази у доњем делу и садржи листу процеса који треба да се примене над предметом. Класе се могу повезати међусобно различитим врстама веза (агрегацијом, генерализацијом, удруживањем,...) приказане линијама са различитим типовима завршетка (стрелица, ромб,...).



Слика 2.16. – Пример приказивања дијаграма класе

На страну методе за опис производа, али информације саопштене кроз стандардну саставницу нису довољне како би се дошло до генерисања нових варијанти производа. Компоненте производа могу бити прецизно описане употребом *PDES/STEP* методологије која користи три слоја (*ISO 10303*) [42], укључујући модел препорука, класу формата објекта и језик дефинисања шема – *EXPRESS*, који прати предметно-оријентисану парадигму. *STEP* стандард је пожељан избор за комуникацију у којој је потребан детаљни опис производа, без обзира што је његов ниво детаља превисок да би омогућио ефикасну имплементацију за конфигураторе производа. Према томе, решење је да се донекле натера *STEP* структура унутар описа производа који су ниског нивоа детаља.

2.5.4 Онтолошки прикази

Идеја употребе конфигуратора производа који су на бази онтологије доноси предност у погледу давања више слободе купцима да формирају производе које најбоље одговарају њиховим жељама [43]. Да би се лакше разумео овај приступ, посматрана је студија случаја компаније која производи делове намештаја директно наручене од стране купца, који гледајући каталог компаније, обезбеђују скице за сваки комад намештаја како и које они желе, а који су притом састављени од делова изабраних у каталогу компаније и

монтирани у целину. На овај начин, купац има више слободе у пројектовању свог намештаја, захваљујући употреби онтологије која моделује могући склоп различитих делова у једну целину.

Онтологија је коришћена из два циља:

- ✓ Да повеже предмете из каталога различитих снабдевача, како би их купци могли разматрати као један јединствен каталог и
- ✓ Да опише компоненте сваког склопа намештаја и њихове карактеристике (на пример, боје, величину, декорацију, облике и материјал).

Интеграција хетерогених извора информација подразумева пројектовање система интеграције податка који има за циљ да ради са подацима који се налазе на више извора, а притом скривајући од корисника извор информација којем приступа и његову структуру. Поврх тога, онтологија обезбеђује правила и ограничења која треба применити како би се различите компоненте могле монтирати у јединствену целину, а све у циљу израде само оних производа који су разматрани од стране онтологије.

2.6 Животни циклус производа

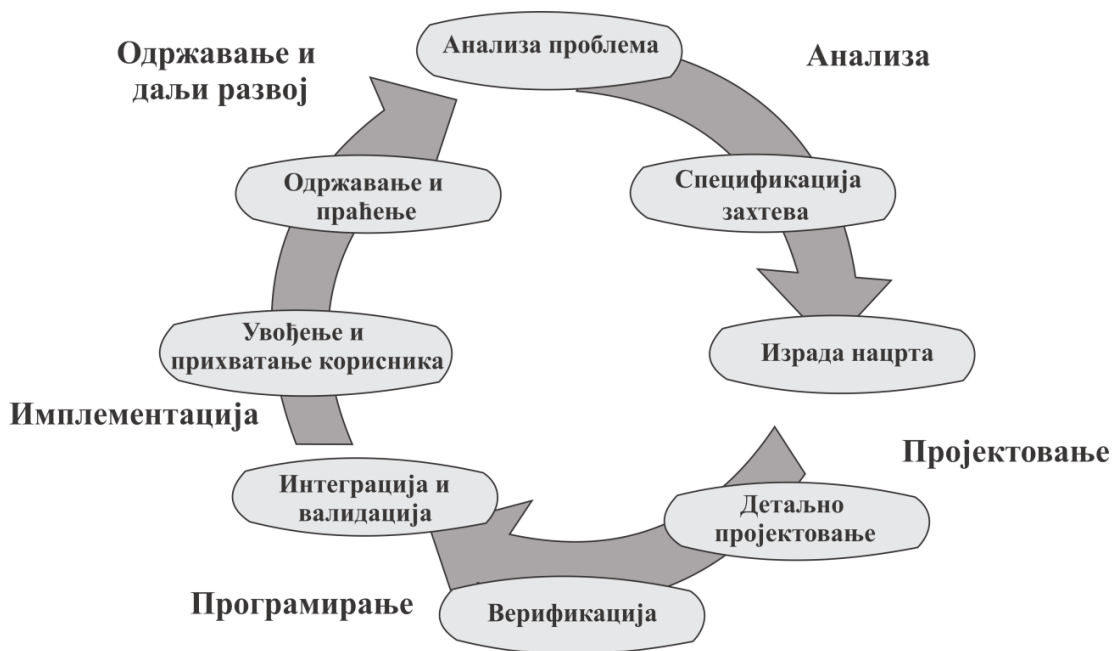
Животни циклус производа (*PLC – product lifecycle*) је термин који се користи за описивање фаза кроз које пролази производ током свог живота. Животни циклус производа је својствена особина једног физичког производа.

У наставку је дат кратак опис неколико такозваних модела животног циклуса система за конфигурисање, који описују серије развојних корака које треба извршити током развоја једног таквог система. Опис укључује кратко представљање историјског развоја модела животног циклуса од такозваног „водопад“ модела, па све до предметно оријентисаног животног циклуса производа.

Најранији модели намењени за описивање начина на који пројекат напредује су базирани на тзв. „водопад“ моделима, који описују серију развојних фаза које треба извршити током развоја система за конфигурисање. Касније, око осамдесетих година прошлог века, људи су почели да описују напредак једног система за управљање информацијама у смислу циклуса, који је требао да се изврши више пута. Посао развоја и пуштања у рад једног система за конфигурисање уобичајно пролази кроз следеће главне фазе:

- ✓ Анализа и иницијална спецификација функционалних захтева.
- ✓ Пројектовање решења/скице система.
- ✓ Програмирање и тестирање.
- ✓ Имплементација.
- ✓ Одржавање/даљи развој.

Редослед активности укључених у развој и функционисање система за конфигурисање су приказани на слици 2.17., у форми такозваног животног циклуса.



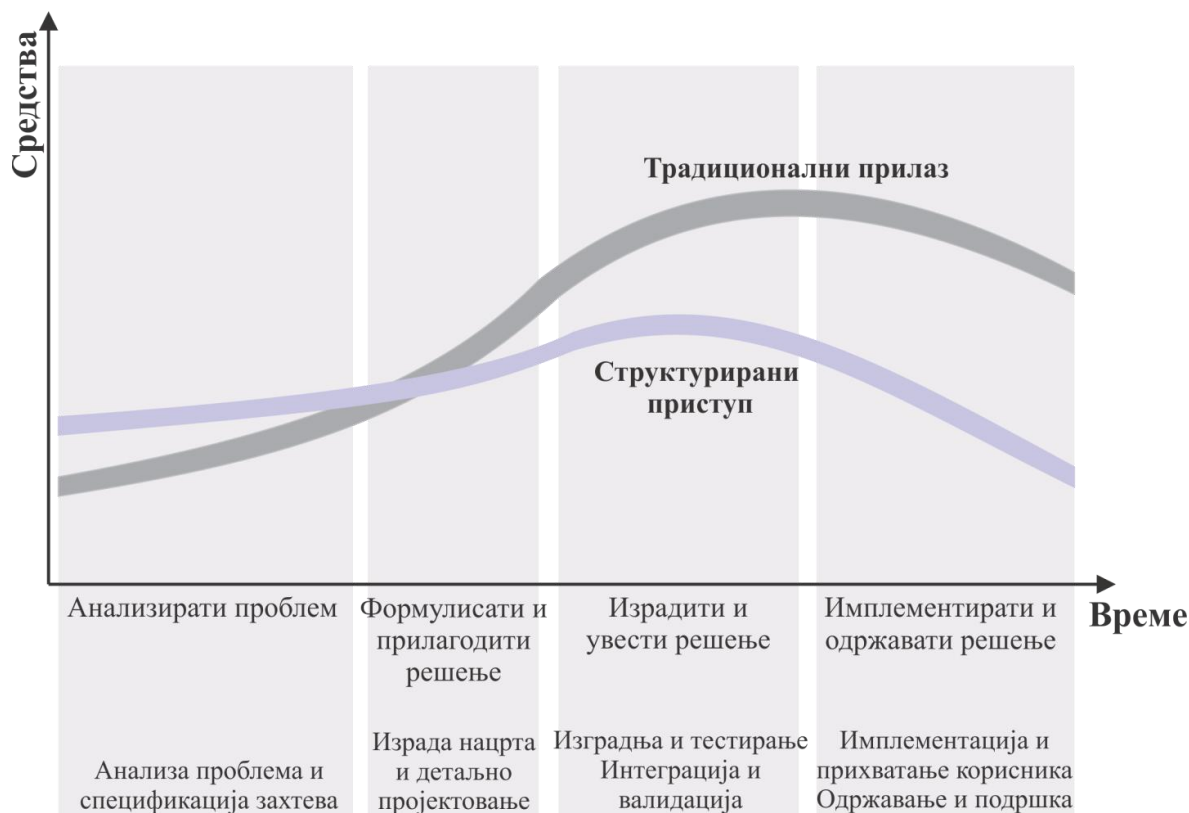
Слика 2.17. – Животни циклус система за конфигурисање [44]

Редослед активности је представљен као циклус, наглашавајући притом да је током фазе одржавања и праћења система нови циклус пројекта започет, јер се сада исте активности које су извршене у развоју прве верзије система понављају. Редослед задатака се стога може извести произвољно много пута у датом домену, јер су у основи то исте активности које је потребно извршавати, без обзира да ли је реч о развоју новог система или измени постојећег.

Разлог због којег се представља животни циклус система за конфигурисање производа јесте жеља да се развије и постигне боље структурирана процедура за развој поменутих система. У приказаном животном циклусу (Слика 2.17.), нагласак је на вршењу анализа и пројектовању, тако да су садржај и структура система дефинисани и процењени пре него што је фаза програмирања стартована.

Овакав начин приступа развоју смањује укупне трошкове развоја, из разлога додатног напора који је уложен у анализу и пројектовање (Слика 2.18.) и обично доводи до значајног смањења напора потребног за програмирање и имплементацију, а посебно у фази одржавања и даљег развоја система. Ово је, између осталог и због чињенице да се током фазе анализе и пројектовања ствара структура система и системска документација која фазу програмирања чини значајно једноставнијом. Штавише, често се догоди у пракси да одржавање и даљи развој једног система за конфигурисање који није структуриран и документован захтева много ресурса, а неретко се дешава да то постаје и немогућа мисија.

Животни циклус система за конфигурисање (слика 2.17.), описан раније, доприноси структурирању и подели задатка развоја једног оваквог система, а притом покрива и технички и управљачки аспект развојног задатка. Другим речим, животни циклус система подржава техничке активности умешане у развој система за конфигурисање, а притом и ради као алат за управљање и организацију великих развојних пројеката, с обзиром да може бити разложен у серије подактивности са јасно дефинисаним резултатима.



Слика 2.18. – Штедња представљена кроз употребу структурираног приступа [44]

Један од проблема са првим моделима животног циклуса система за конфигурисање је тај да је тешко прећи са једне фазу на другу. На крају осамдесетих година двадесетог века, предметно-оријентисано моделовање и пројектовање су били прихваћени, као и описивање фаза животног циклуса система помоћу такозваног спиралног модела, приказаног на слици 2.19.

У спиралном моделу, направљен је један покушај да се опише поступак развоја система за конфигурисање, у смислу броја извршења појединих пројектних фаза, где је систем развијан постепено кроз серије итерација. Употреба спиралног модела нуди многе предности у односу на раније моделе:

- ✓ Неспоразуми у вези са потребама корисника постају видљиви раније у процесу, када је и даље могуће да се систем промени.
- ✓ Спирални модел чини могућим да се у раним фазама постигне близак дијалог са корисником коме је систем намењен, на пример, коришћењем раних прототипова како би се симулирала интеракција корисника са системом.
- ✓ Чињеница да је систем програмиран постепено током читавог трајања пројекта, чини лакшим да се континуално оцењује статус пројекта.
- ✓ Систем се може континуално тестирати, а грешке се могу исправити у раним фазама развоја.
- ✓ Обим посла је више равномерно распоређен током трајања пројекта. Ово је посебно тачно за оне запослене који су укључени у програмирање и тестирање.
- ✓ Лакше је да се документује статус у којем се систем налази, ради купца.



Слика 2.19. – Спирални модел [45]

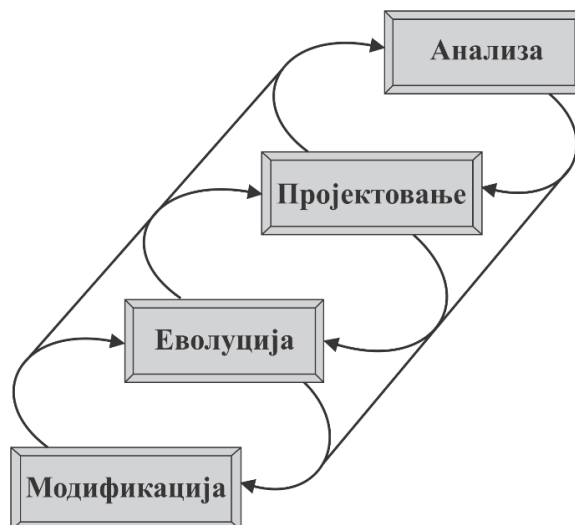
2.7 Предметно-оријентисани животни циклус система за конфигурисање

Предметно-оријентисана парадигма за развој система покушава да интегрише индивидуалне фазе животног циклуса система за конфигурисање, тако што идентификује класе објекта у домену који води систем у раним фазама и фази анализе. Класа објекта се може описати као скуп или група објеката која има заједничке карактеристике (особине) и слично понашање (методе). Класа објекта је приказана у информационом систему уз помоћ независног програма који садржи атрибуте (променљиве) и методе (процедуре). Идентификоване класе објекта су развијене и детаљи су додати за све фазе животног циклуса система за конфигурисање, које заправо садрже исте фазе као и животни циклус општег система за конфигурисање приказан на слици 2.17.:

- ✓ Анализу.
- ✓ Пројектовање.
- ✓ Развој / имплементацију.
- ✓ Модификацију / одржавање.

На слици 2.20., је приказан предметно-оријентисани животни циклус система за конфигурисање, који у поређењу са животним циклусом општег система за конфигурисање (слика 2.17.), чини могућим да се лакше креће између различитих фаза

развоја система. Ово је могуће (за разлику од раније, где су програмери система морали да промене приказ између индивидуалних фаза) због исте структуре и основног приказа који је коришћен у свим фазама развоја система – исте класе објекта се појављују у свакој од фаза животног циклуса пројекта.



Слика 2.20. – Предметно-оријентисани животни циклус пројекта

Стрелицама које се преклапају, као и стрелицама које воде назад се покушало приказати како развој система базиран на предметно-оријентисаној парадигми обезбеђује више могућности за прелазак између индивидуалних фаза животног циклуса једног система.

Додатно је нагласак дат на разради, тренирању и континуалном унапређивању дефиниције система. Дефиниција система (назива се још подручје система) укључује концизан и прецизан опис жељеног софтвера изражено кроз природни језик. „CASE” системи су системи који подржавају развој и одржавање система за конфигурисање. Њихови алати садрже, између осталог, серије визуелних алата за приказивање различитих делова предметно-оријентисаног модела, као што су дијаграми класе, дијаграми случајева, итд. Такође, ови алати садрже подлоге за аутоматско генерисање кода, на пример, у „C++” или „Java”. Новији „CASE” алати су базирани на „UML” и такође садрже подлоге за варијантно управљање.

Најважнији захтеви за модел животног циклуса система за конфигурисање огледају се у томе да омогући:

- ✓ Учестали развој система.
- ✓ Лако руковање променама захтева за систем (дефинисање система).
- ✓ Коришћење предметно-оријентисане технологије за развој и документовање система.
- ✓ Коришћење софтвера (CASE алата) за документацију система.
- ✓ Избор архитектуре софтвера, из разлога што то има одлучујући утицај на функционалности које се могу развити.

2.7.1 Задаци и улоге током развоја система за конфигурисање

У вези са покретањем и извршењем пројекта, могуће је изабрати да се прати процес у којем су фазе процедуре извршене два или три пута. Прва рунда (фаза прототипа),

представља обављање грубе анализе процеса конфигурисања који се изводе у компанији и прелиминарне границе за развијање система за конфигурисање су постављене у овој рунди. Након овога, одабрани део производног програма компаније се анализира и моделује.

Кроз фазу прототипа систем за конфигурисање је изабран. Модел који се развије током фазе пет може представљати основу за тестирање различитих стандардних система за конфигурисање како би се изабрао одговарајући софтвер. Да би се завршио први циклус, софтвер је изабран и прототип је направљен, чиме се формира основа за започињање следећег циклуса. Током тог циклуса, извршава се детаљнија анализа процеса спецификације које обавља компанија, како би се дефинисали коначни лимити система за конфигурисање који је у развоју. Генератор варијанти производа, остали генератори производа и системи животног циклуса које је потребно укључити у систем за конфигурисање се развијају током другог циклуса, а структура класе модела, као остали детаљи су описани на припадајућим ЦРЦ картицама.

Током трећег циклуса, главни нагласак је на тесту и исправљању грешака у систему, пре него што се приступи имплементацији система за конфигурисање унутар организације.

Први циклус, укључује израду прототипа, до чега се релативно брзо долази за једне до три недеље, у зависности од величине система. За други је циклус обично потребно од два до четири месеца, док се трећи циклус извршава током периода од једног до три месеца – у зависности од величине пројекта и броја људи који су укључени у исти. Процес који је сада описан је типичан за компаније које нису раније развијале систем за конфигурисање користећи притом структурирану процедуру за тај посао. Уколико је компанија упозната са коришћењем систем за конфигурисање и раније је спровела пројекте оваквог типа, тада је евентуално могуће да се фаза прототипа изостави. У сваком од циклуса, извршава се одређени број итерација, током којих се делови система за конфигурисање постепено развијају и тестирају у складу са захтевима које је поставио клијент, тј. руководство компаније за коју се развија конфигурактор производа.

Систем за конфигурисање обично улази у оперативну фазу када се у организацију имплементира његова трећа верзија, у којој се нагласак мора дати на даљи развој и стално одржавање. С тим у вези и даље је важно да се индивидуалне фазе у процедури извршавају и да се стално анализирају тренутно пословни захтеви битни за процес спецификације и производни програм предузећа. Такође је важно да развијени предметно-оријентисани модел буде ажуриран у исто време када се програм коригује.

Задатак развијања и коришћења система за конфигурисање може бити подељен на развојну фазу (фазе 1-7) и оперативну/одржавања фазу (фаза 8). У фази развоја постоје следеће улоге/задачи:

- ✓ *Покровитељ развоја система за конфигурисање.* Особа из управе компаније која је уопштено одговорна за извршење развоја система за конфигурисање, укључујући и лимите у погледу времена и новца. Битно је да ова особа има увид и да схвата одређене техничке и комерцијалне проблеме, али и у могућности које се отварају са развијањем система за конфигурисање. Покровитељов је задатак да осмисли како ће се систем за конфигурисање користити кроз пословну стратегију компаније и да на тим основама процени релевантност и значајност једног таквог пројекта за

компанију. Ово је особа која аргументује како би одређени ресурси неопходни за развој и функционисање система за конфигурисање постали доступни. Такође, задужена је да прати да ли пројекта иде по раније дефинисаном плану и да ли постављени циљеви и заиста постигнути. Покровитељ прати све фазе развоја систем за конфигурисање.

- ✓ *Лидер пројекта развоја.* Особа која је одговорна за свакодневне послове неопходне како би се пројекат реализовао. Лидер пројекта познаје процедуру за развој система конфигурисања и има искуства из раније реализованих пројеката развоја оваквих система. Он је укључен у све фазе развоја и задужен је за свакодневно управљање, укључујући праћење и по потреби кориговање рада на пројекту и веремнског плана.
- ✓ *Модератор.* Особа која поседује неопходна знања за извршење индивидуалних фаза процедуре развоја конфигуратора. Ова особа је обично консултант или запослени који је раније спровео пројекте везане за развој система за конфигурисање. Уколико је предузеће у ситуацији да им је то први пут да развијају систем за конфигурисање, тада је модератор једина особа која има детаљно знање о томе како да се развије конфигуратор. Између осталог, задатак ове особе је и да обучава остале запослене на пројекту како би допринели развоју и имплементацији система за конфигурисање. Модератор обично доприноси највише првим фазама пројекта: анализи процеса и производа, класификацији производа и предметно оријентисаној анализи и пројектовању.
- ✓ *Менаџер променама.* Особа која предузима неопходне кораке како би осигурала да је организација спремна да изведе пројекат и имплементира систем као његов резултат. Менаџер променама треба да има компетенције у области менаџмента иновацијама повезаним са извршењем великих техничких пројеката. Његов задатак је да осигура да су радници које погађа пројекат развоја и коришћења система за конфигурисање стално обавештени и мотивисани да допринесу развоју и функционисању система за конфигурисање. Такође, његов задатак је да допринесе решењу било каквог конфликта који се може појавити.
- ✓ *Корисници система.* Будући корисници система за конфигурисање морају бити укључени у пројекат од његових првих фаза. Кључно је да корисници разумеју како је систем израђен и развијен, да би га користили и прихватили као помоћ за решавање својих свакодневних задужења. Важно је да нарочито менаџер модела и менаџер процеса стекну дубок увид у радно окружење корисника и њихова очекивања од система за конфигурисање, како би допринели прихватању система од стране будућих корисника. Такав увид се може постићи, на пример, провођењем времена са будућим корисницима система и анализом њиховог радног окружења или симулирањем серија процеса конфигурисања заједно са будућим корисницима у раним фазама процеса развоја.
- ✓ *Менаџер модела.* Он има задатак да сакупљања знања и прављења генератора варијанти производа, модела класе, ЦРЦ картица, итд. како би формирао основу за програмирање система за конфигурисање. У вези са радом система за конфигурисање, менаџер модела је одговоран за ажурирање документације. Он, на пример, може бити експерт у одређеној области који је обучен од стране модератора. Његов допринос је примарно у фази анализе производног програма, затим током фазе предметно-оријентисане анализе и пројектовања, а коначно и у последњој фази, везано за даљи развој система.

- ✓ *Менаџер процеса.* Задатак менаџера процеса је да развије процес спецификације који ће се користити у систему и осигура да развијени систем за конфигурисање буде инкорпориран у будуће процес спецификације на одговарајући начин. Менаџер процеса би морао да има добар увид у процес спецификације унутар компаније и сродне процес као што су продаја, планирање и производња. Његов примарни допринос је у анализи процеса, заједно са имплементацијом, одржавањем и даљим развојем система.
- ✓ *Домен експерт.* Запослени који поседује знања о производима и релевантним системима животног циклуса. То може бити неко, на пример, из сектора развоја производа или производње. Кључни допринос домен експерта је у погледу знања о деловима производа или фазама животног циклуса производа, као што су производња или монтажа. Он доприноси анализи процеса, анализама производа и одржавању/даљем развоју система.
- ✓ *Програмер.* Особа која је способна да програмира моделе производа који су развијени. Он би требао да има детаљно знање о коришћеном софтверу за конфигурисање, заједно са знањем потребним за програмирање, на пример, модула за купце (апликација која прати понуде које су направљене од стране система за конфигурисање) или интеграцију са другим информационим системима унутар компаније. Уколико је стандардни систем коришћен за имплементацију система за конфигурисање, тада менаџер модела може обавити задатак програмирања или делове задатка програмирања. Програмер игра улогу током процеса пројектовања и фаза програмирања, заједно са одржавањем/даљим развојем система.

Мора се нагласити да појединац може бити одговоран за неколико улога/задатака у исто време, на пример, задаци модератора и менаџера променама могу бити извршени од стране исте особе.

У вези са одржавањем и даљим развојем модела (последња фаза), кључно је да буде изабрана особа (менаџер модела) која ће бити одговорна за одржавање и даљи развој модела. Ова особа може бити у стању да повери своју одговорност за ажурирање правила другим домен експертима, који поседују неопходна знања за такве послове. Последња фаза је критична, у смислу да посао на развоју система за конфигурисање није завршен када су завршене првих седам фаза. Систем за конфигурисање који није стално ажуриран како би одржао корак са развојем производа, ће брзо постати бескористан.

Индивидуалне фазе процедуре развоја система за конфигурисање сложених производа су у наставку, кроз поглавље четири, детаљније представљене.

3 ПОСТУПЦИ ГРУПИСАЊА

3.1 Опште карактеристике групне методе

Групна технологија (ГТ) је производна (инжењерска) филозофија која групише производе који имају сличан дизајн или производне карактеристике. Производња у радним јединицама јесте примена групне технологије, која укључује груписање машина или процеса на основу делова или фамилије делова које се производе. Постоје значајне користи које се могу постићи организацијом предузећа у радне јединице, а оне су: смањење времена припреме за производњу, смањење недовршене производње, смањење трошкова руковања материјалом, побољшање квалитета, тока материјала, искоришћења машина, итд [46].

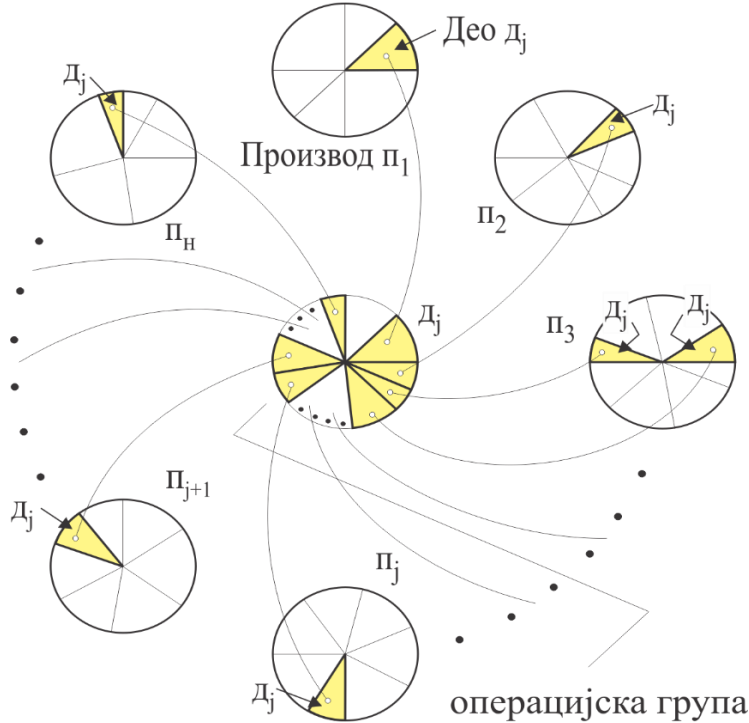
Према дефиницији професора Соколовског, класа је најопштија подела у класификацији, која представља скуп делова окарактерисаних истим основним технолошким проблемима који су одлучујући у захтевима одређене конфигурације тих делова [47]. Према проф. Соколовском, унутар класе делови се деле на подкласе, оне потом на групе, а затим и на типове. Подкласе и групе су споне у класификацији, а сам степен класификације може бити различит, важно је да се дељење настави све док се не добију делови чији су технолошки поступци сродни.

Примарна употреба групне технологије је да се идентификују делови или компоненте које имају иста производне карактеристике [48]–[52]. Појединци су покушали да формирају фамилије делова (радне јединице или групе) при идентификацији различитих производних проблема као што су уско грло машине и делова који су изузеци, што доводи до успорења времена протока делова кроз производни процес. Нека од стратешких питања на која се истраживачи данас фокусирају, јесте коришћење подуговарача како би се смањиле производне потешкоће [53]. Да би се формирале фамилије делова, развијено је мноштво алгоритама, између осталих и алгоритама за групну анализу машина и делова [54]. Индивидуалне машине и компоненте су успешно сакупљене у групе употребом класе функција за поређење како би се донела одлука које машине и компоненте додати у које групе.

Крајем прошлог века, начињен је одређени напредак у правцу компјутерских алгоритама за постизање груписања машина и делова. Алгоритам класе [49], [54], [55] базиран је на пермутацији редова и колона унутар матрице машина-делова (где у пресеку „и-тог“ реда и „ј-оте“ колоне стоји 1 уколико машина „и“ обрађује део „ј“ или стоји 0 уколико не обрађује). У другим методама [50], [51], [56], индивидуалне машине и делови су успешно сакупљени у групе коришћењем мера сличности како би се одлучило у ком кораку се које машине или компоненте додају у које групе.

Професор Зеленовић и његов тим развијају крајем прошлог века ИИС прилаз у обликовању токова материјала [57]. Основу ИИС-прилаза у ревитализацији и развоју (реинжењерингу) производних структура индустријских система чини примена групног прилаза у обликовању токова материјала у систему и предметни прилаз у изградњи структуре система.

Групни прилаз је развијен на основама сличности делова у програмима производње, ограниченог, у реалним условима, броја облика и обједињавањем предмета рада сличних карактеристика у операцијску групу – основну јединицу посматрања у развоју групних токова утврђену на бази система класификације, чиме су створени услови за „повећање“ количина – q_j (Слика 3.1.), на релацији улаз - излаз процеса рада.



Слика 3.1. – Обједињавање предмета рада у операцијске групе [57]

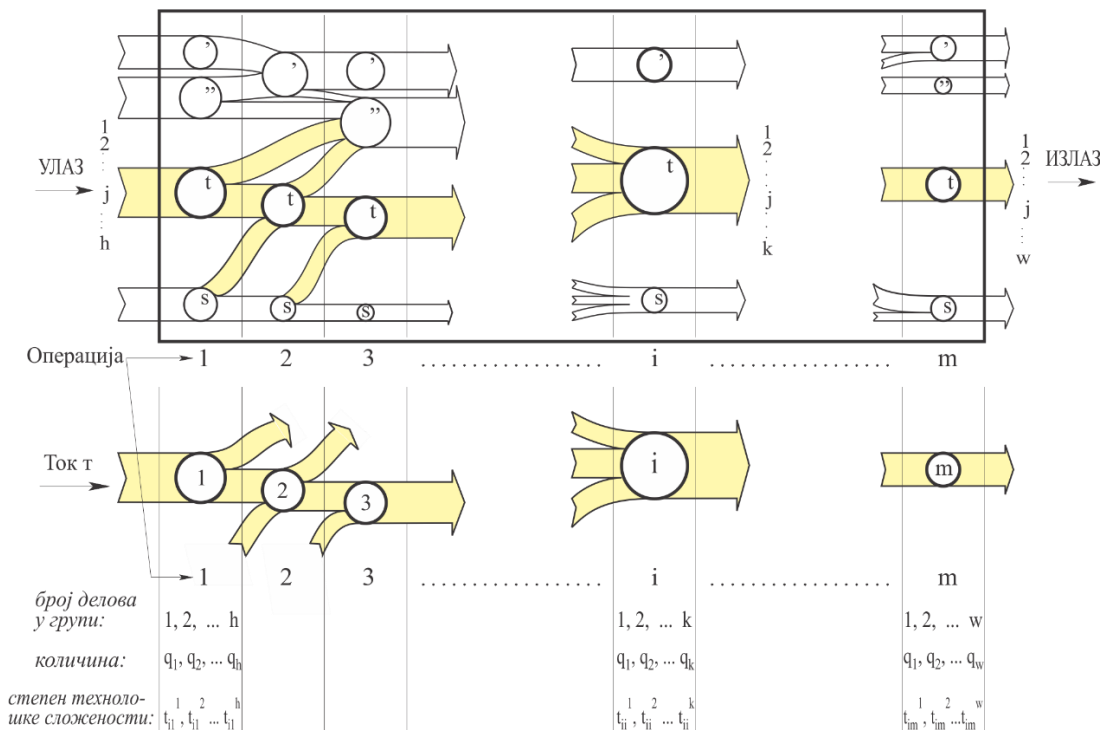
Под појмом сличност карактеристика подразумева скуп релевантних обележја предмета рада у операцијској групи који одређује могућност прихватања и израде на једном или скупу технолошких система истих карактеристика. На дати начин се, уместо појединачних, јављају токови операцијских група (Слика 3.2.), што значајно повећава количине у току и низом других ефеката, подиже квалитет токова у целини.

Основна питања која треба решити у вези са групном методом, састоје се у томе да се на основу генерализације и систематизације прогресивног искуства [58]:

- ✓ Одбаци неоправдана разноврсност постојећих технолошких процеса.
- ✓ Подигну заостали процеси на ниво напредних, који се примењују у великосеријској и масовној производњи.
- ✓ Осигура усвајање високопродуктивне технолошке опреме која се лако може модификовати, што представља предуслов за ефективну модернизацију и аутоматизацију технолошких система (опреме).

Услов за успешно решавање претходно поменутих задатака је повећање серијске производње, тј. количина. Постоје два начина за повећање обима појединих серија:

- ✓ Конструктивна нормализација и унификација делова, група машина и алата, којом треба да се системски и детаљно баве конструктори и радници одељења за нормализацију и стандардизацију.
- ✓ Нормализација и унификација технолошких процеса, њихових елемената и целокупне технолошке опреме. Тај посао треба да се спроводи на основу коришћења принципа групних процеса, а према плану главног технолога.



Слика 3.2. – Токови операцијских група [57]

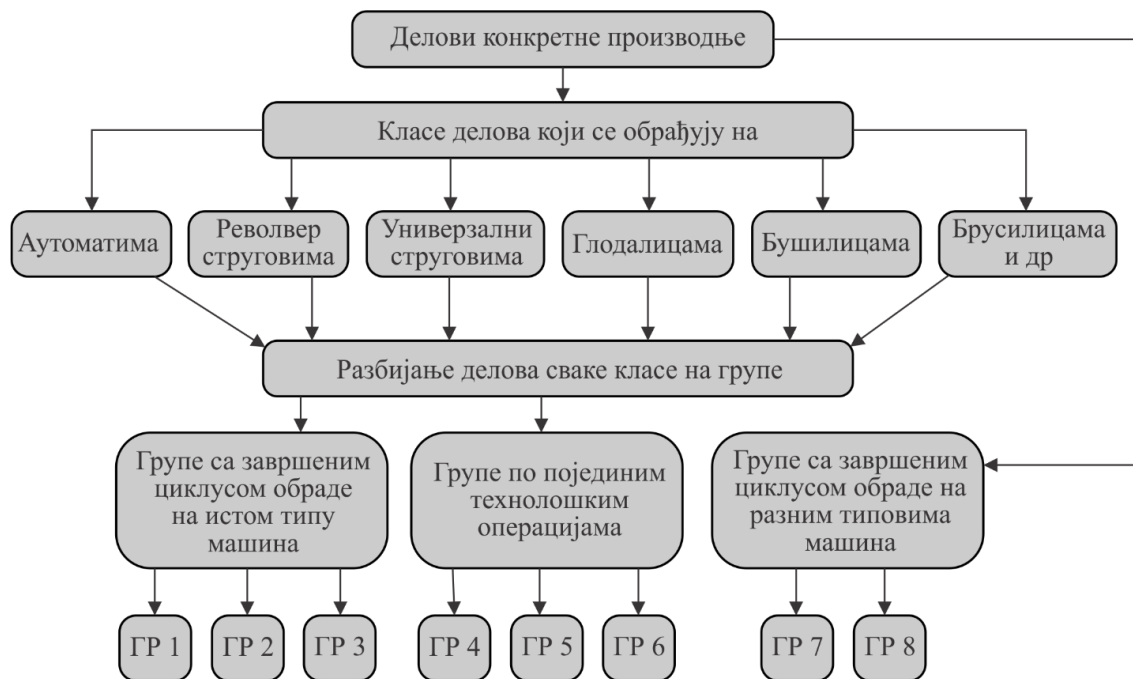
За примену групне технологије и групних поступака, потребно је да се прво спроведу велике припреме које укључују [58]:

- ✓ Класификацију делова (груписање).
- ✓ Разраду технолошког процеса за групу делова.
- ✓ Пројектовање групних алата, прибора и уређаја.
- ✓ Модернизацију опреме, машина и производња специјаних алатних машина.
- ✓ Организација групних производних линија.

3.2 Класификација делова

По Проф. Митрофанову, основа групне методе је принцип класификације делова према начину обраде, тј. стварање класа делова који се обрађују на аутоматима, револвер струговима, универзалним струговима, глодалицама, бушилицама и осталим алатним машинама. Делови у оквиру сваке класе се разбијају на групе. Сврха класификације

састоји се у одређивању делова за чију обраду не само што је потребан исти тип машина, већ и јединствена технолошка опрема и једнако подешавање машина. На Слици 3.3., дата је шема класификације при групној обради делова.



Слика 3.3. – Шема класификације при групној обради делова [58]

Прилази за класификацију и додељивање класификационог броја деловима (код – ознака, не мора бити увек само нумерички) укључује формирање групе сличних делова, тако што се прво сваком од делова додели класификациони број према конструкционим карактеристикама дела, као што су: геометријски облик, димензије, врста материјала, толеранције, итд [58], [59]. Класификација делова је била веома широко коришћена у првим применама групне технологије, обезбеђујући механизам за груписање сличних делова. Развијен је велики број метода за класификацију и класификационих система, како за груписање делова [60]–[62], тако и за груписање машина [50], [63], [64]. Метод базиран на математичком програмирању је коришћен за груписање делова, груписање машина и груписање машина и делова заједно [65]–[71]. На основу грписаних делова формирају се радне јединице, које чине оперативну радну јединицу, што је у основи групне технологије. Свака радна јединица је посвећена одређеној групи делова или скупу сличних група који се у њој израђују.

Професор Зеленовић поступак обликовања операцијских група изводи разврставањем предмета рада из програма производње према сличности релевантних обележја – применом система класификације (Слика 3.4.). Прилаз класификацији чинилаца пословања индустријских система, као дела система означавања дат је основном структуром система класификације КС-ИИС-08 (Слика 3.4.), а његов исечак развијен за предмете рада – делове добијене обрадом резања, приказан на Слици 3.5., показује да су критеријуми разврставања уграђени утврђеним обележјима (местима које покривају све карактеристике предмета рада релевантне за могућност прихватања и обраде на одређеном технолошком систему) и подручјима расипања у пољима класификационог система која одговарају подручјима рада технолошких система.

1 ОСНОВНИ ЧИНИОЦИ ПРЕДУЗЕЋА		2 ПОСТУПЦИ РАДА		14 ПОВРШИНСКА ЗАШТИТА	
0	Резервисано	0	Резервисано	0	Резервисано
1	Предмети рада	1	Материјали	1	Бојено основном бојом
2	Средства рада	2	Делови добијени ливењем	2	Бојено завршном бојом
3	Учесници у процесу рада	3	Делови добијени деформисањем	3	Никловано
4	Организационе јединице	4	Делови добијени резањем	4	Хромирано
5	Пословни партнери	5	Делови из кооперације и трговине	5	Цинковано
6	Грађевински објекти и инсталације	6	Резервни делови	6	Брунирано
7	Резервисано	7	Подклопови и склопови	7	Елоксирано
8	Резервисано	8	Производи	8	Резервисано
9	Остали чиниоци	9		9	Остале врсте заштита

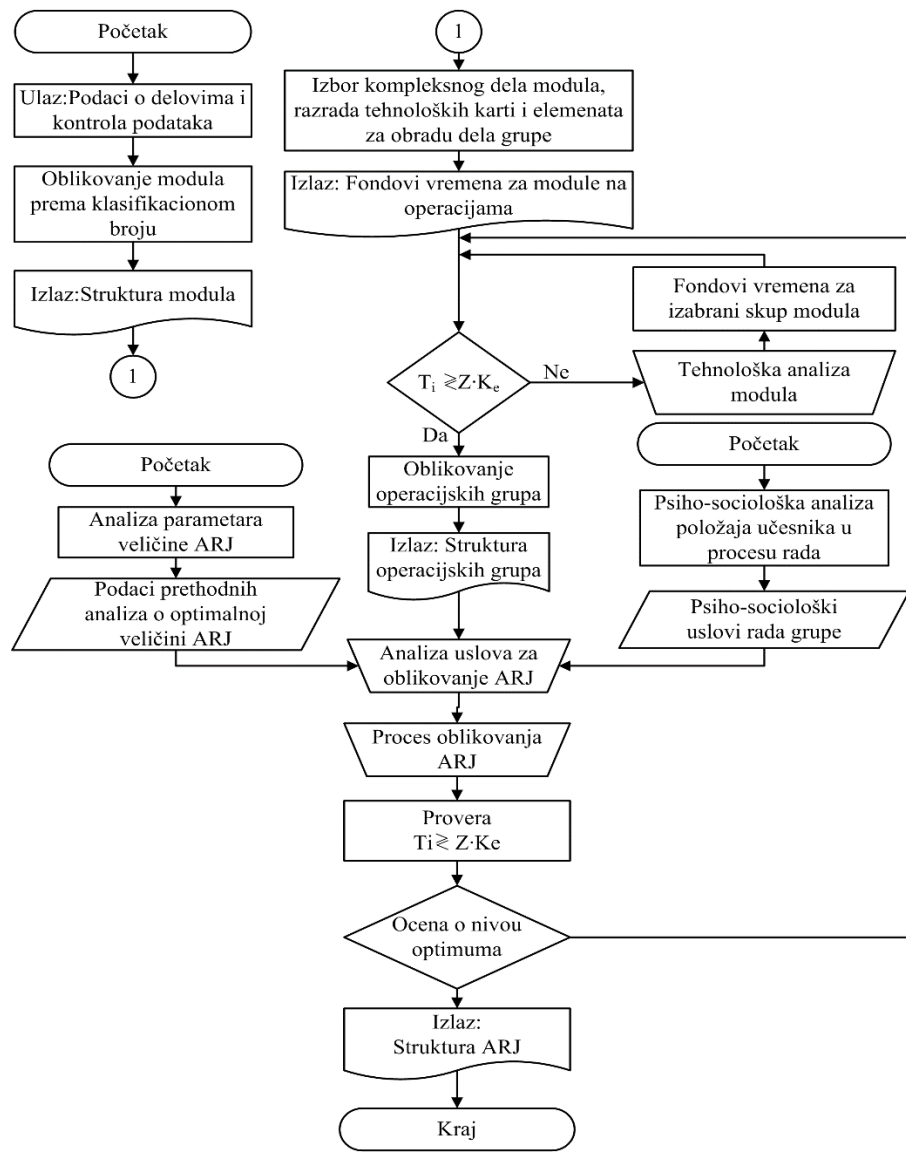
Слика 3.4. – Структура система калификације [57]

поље обележје	ОСНОВНЕ ГРУПЕ ЧИНИЛАЦА		НАЧИН ДОБИЈАЊА ЧИНИЛАЦА	ОСНОВНА ПОДЕЛА	ОДНОС ОСНОВНИХ ДИМЕНЗИЈА	ОСНОВНА ДИМЕНЗИЈА	ОБЛИК ОСНОВНЕ СПОЉАШЊЕ ПОВРШИНЕ	ОБЛИК ОСНОВНЕ УНУТРАШЊЕ ПОВРШИНЕ	ПОСЕБНЕ СПОЉАШЊЕ ПОВРШИНЕ	ПОСЕБНЕ УНУТРАШЊЕ ПОВРШИНЕ	ВРСТА МАТЕРИЈАЛА	ОБЛИК ПОЛУОБРАДКАТА	ВРСТА ТЕРМИЧКЕ ОБРАДЕ	КВАЛИТЕТ ПОВРШИНА	ПОВРШИНСКА ЗАШТИТА	
	1	2														3
0			ОБРТНО СИМЕТРИЧНИ, БЕЗ ОЗУБЉЕВА	L/D<0,1	D<6	Глатке		Без		Без	Челици са негарантованим саставом	Шинке округле	Без термичке обраде	N12 50 мм	Без заштите	
1	ПРЕДМЕТИ РАДА			0,1<L/D<0,5	6<D<10	Степенасте, са једне стране		Средина гнезда		Глодане површине	Аксијалне рупе или отвори без поделе	Шинке профилне	Каљење и отпуштање	N11 25 мм	Бојено основном бојом	
2				0,5<L/D<1	10<D<16	Степенасте, са обе стране		Глатке или степенасте са једне стране		Utiskivane površine	Аксијалне рупе или отвори са поделом	Цев	Целовање	N10 12,5 мм	Лакирање	
3				1<L/D<2	16<D<25	1+ конус		Степенасте са обе стране		Нарешкане површине	Радијалне рупе или отвори	Профилни I, L, U	Индукцијско каљење	N9 6,3 мм	Никловање	
4		ДЕЛОВИ ИЗРАЂЕНИ РЕЗАЊЕМ		2<L/D<5	25<D<50	2+ конус		1+ конус		Навој наван	Комбиниране 1, 2 i 3	Лаки метали	Лимови траке плоче	N8 3,15 мм	Хромирање	
5				5<L/D<10	50>D>100	1,2,3,4+ профилне		2+ конус		Озубљене наван	Косе рупе или отвори	Обојени метали	Одливци	Нормализација	N7 1,6 мм	Цинковање
6				L/D>10	100<D<150	0,1,3+ навој		1,2,3,4 или 5+ навој		1+2	Рупе или отвори са навојем	Пластични материјали	Отковни и отпресни	Нитрирање	N6 0,8 мм	Брунирање
7					D>150	2,4,5+ навој		1-6+ уздужни жлебови		3+4	Политонални отвори	Бакелит	Зварени припремки	Амортирање	N5 0,4 мм	Елоксовање
8						0-6+ пуж, брушен		Рупе или отвори са односом l/d > 5		3+5		Тескмит	Склопови		N4 0,2 мм	Зауљивање
9						0-6+ пуж, валчан						Остали материјали	Остало		N3 0,1 мм	5+2

Слика 3.5. – Класификација предмета рада на основу обраде резањем [57]

3.3 Прилази и методе у обликовању и анализи производних структура

Један од прилаза груписања и обликовања производних структура на основу система класификације јесте АПОПС, који је дат у књизи професора Зеленовића [72]. Кораци извршења алгоритма АПОПС прилаза су приказани на Слици 3.6. АПОПС омогућује креирање радних јединица користећи информације о класификационом броју предмета рада, потребним временима рада и ефективном капацитету технолошких система. Делови (предмети рада) се групишу у модуле према класификационом броју и затим се креира технолошки поступак за комплексни део из модула који постаје основа за креирање операцијске групе. Технолошки системи на којима се обрађују предмети рада имају одговарајући капацитет. Анализом оптерећења технолошких система, формирају се операцијске групе које се обрађују на истим технолошким система и оне постају основа за креирање радних јединица.



Слика 3.6. – Алгоритам АПОПС прилаза [72]

Поред претходно поменуте методе, постоји још неколико различитих метода за груписање које су пронађене у литератури о групној технологији и поступцима груписања, а које се могу поделити у неколико група:

- ✓ Матричне методе.
- ✓ Методе коефицијената сличности.
- ✓ Алгоритамске методе (ROC алгоритам, ВЕА алгоритам, СИ алгоритам).
- ✓ Методе математичког програмирања.
- ✓ П-медијан модел.
- ✓ Генерализовани П-медијан модел.
- ✓ Квадратични програмски модел.
- ✓ Методе примене графова (бипартитни граф, транзициони граф, грани.ни граф) и
- ✓ Методе засноване на примени вештачке интелигенције.

Матричне методе се заснивају на већ поменутој матрици учесталости која показује предмете рада и технолошке системе. Пример једне такве матрице је дат у Табели 3.1., где су у редовима приказани технолошки системи означени са „М“, а у колонама делови, односно предмети рада означени са „Д“. Уколико се предмет рада обрађује на одређеном технолошком систему, и поље табеле које се налази у пресеку колоне посматраног предмета рада и реда посматраног технолошког система се уписује број 1. Основни циљ јесте да се применом различитих алгоритама идентификују фамилије предмета рада и групе технолошких система (као код *PFA* методе), што је приказано у Табели 3.2.

Табела 3.1. – Матрица учесталости [73]

	Д01	Д02	Д03	Д04	Д05
М01		1		1	1
М02	1		1		
М03		1		1	
М04	1		1		

Табела 3.2. – Груписање технолошких система и предмета рада [73]

	Д01	Д03	Д02	Д04	Д05
М01			1	1	1
М03			1	1	
М02	1	1			
М04	1	1			

Методе коефицијената сличности се заснивају на израчунавању коефицијента сличности између два технолошка система. Коефицијент сличности се може израчунати применом различитих поступака, које су приказали у својим радовима *McAuley*, *Witte* и

Seifoddini [50], [56], [63]. Једном када се коефицијенти утврде потребно је да се установи процентуална вредност сличности, која се користи као критеријум за груписање технолошких система. Сличан поступак утврђивања коефицијента сличности између предмета рада, дао је кроз своју књигу *Irani*, где коефицијент сличности узима вредност у распону од 0 до 1.

ROC алгоритам (*engl. Rank-Order Clustering*), представља алгоритам који се креће од матрице учесталости и сваком реду из матрице се додељује тежински коефицијент, након чега се врши сортирање редова, а затим се поступак понавља и за колоне. Поступак се понавља све док се позиције елемената у матрици мењају [74].

BEA алгоритам (*engl. Bond-Energy Algorithm*), представља алгоритам у којем се груписање врши према мери ефективности која је дефинисана обрасцем [54]. За све колоне се врши прорачун мере ефективности и сходно томе врши се померање колоне, а затим се поступак понавља и за редове матрице.

CI алгоритам (*engl. Cluster Identification Algorithm*), представља алгоритам који омогућује доносиоцу одлуке да одабере било који ред из колоне матрице учесталости кроз који ће се повући хоризонтална права линија, а затим се за сваки унети број 1 из подвученог реда повлачи вертикална права линија [75]. Када више нема слободних уноса броја 1, врши се уклањање прекржених уноса и формира се нова мања матрица од преосталих уноса када се поступак понавља.

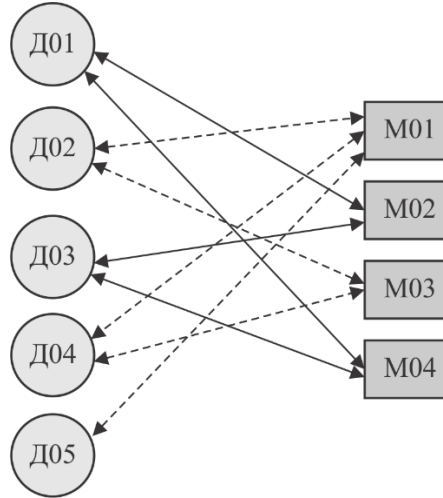
Методe математичког програмирања се заснивају на израчунавању мере различитости између предмета рада. Постоје различити поступци израчунавања мере различитости између предмета рада [66], [73], [76], [77], које су објавили *Lee*, *Kusiak* и *Arthanari* у својим књигама. Прва метода математичког програмирања је п-медијан модел који се користи да групише одређени број предмета рада у „п“ група [73]. основни циљ методе јесте минимизација укупне мере различитости између предмета рада, при чему је потребно држати се ограничења да сваки предмет може припадати групи само када је она формирана. Такође, сваки предмет рада се може обрађивати искључиво на једној групи технолошких система.

Генерализовани п-медијан модел представља измену основног п-медијан модела, омогућавајући разматрање обраде једног предмета рада на више група технолошких система [66]. У моделу се укључују и производни трошкови који се везују за групе технолошких система [66]. За случајеве ограниченог броја фамилија предмета рада и њихове ограничене величине, развијен је квадратични програмски модел [78].

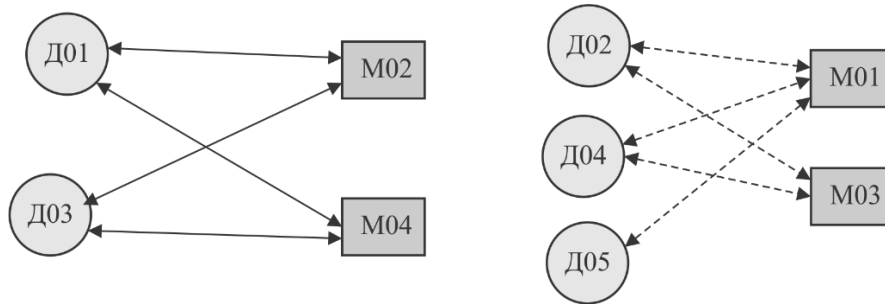
Методe графова показују елементе матрице учесталости кроз чворове графа и гране графа, односно везе између чворова. Код бипартитног графа један скуп чворова графа се користи за репрезентацију предмета рада, а други скуп чворова графа за репрезентацију технолошких система. Приказ почетног графа је дат на Слици 3.7., чијом се декомпозицијом на мање графове врши груписање (Слика 3.8.).

За разлику од бипартитног графа, код транзиционих графова предмети рада се репрезентују као чворови графа, а технолошки системи као везе између чворова. Транзициони графови су погодни за откривање уских грла у производном процесу [73]. Гранични графови се састоје из низа бипартитних графова, где на сваком хијерархијском нивоу чворови представљају технолошке системе или делове [73]. Употреба графова омогућује, поред презентације производног система као скупа чворова који су међусобно

повезани гранама графа, примену различитих алгоритама и метода за решавање различитих проблема. Метода бојење графа се употребљава за креирање радних јединица [79]. Алгоритам служи углавном за претраживање на пример најкраће путање између два задата чвора графа, попут Дијкстра алгоритама [80].



Слика 3.7. – Бипартитни граф [73]



Слика 3.8. – Декомпозиција графа [73]

У последње време приметна је употреба вештачке интелигенције ради решавања сложених проблема груписања великог броја делова, из разлога што развој рачунара омогућује сложене прорачуне и креирање решења у кратком временском периоду. Решења не морају увек бити оптимална, али могу бити близу оптимума. Методе се углавном заснивају на претраживању одређеног скупа решења и избору најбољег решења у односу на постављену функцију циља и постављена ограничења. Свако решење се може одбацити или прихватити уз одговарајући степен вероватноће. Начин на који се овај поступак извршава зависи од методе која се примењује. У методе вештачке интелигенције спадају:

- ✓ Генетски алгоритми.
- ✓ Симулирано каљење.
- ✓ Оптимизација колонијом мрава.
- ✓ Табу претрага.

Генетски алгоритми врше оптимизацију решења неког проблема имитацијом природног система еволуције [81]. Систем еволуције се имитира применом различитих операција над скупом решења све док се не дође до оптималног решења проблема.

Проблем се представља функцијом циља која служи као критеријум за оцену решења. Скуп решења се назива популација у којој свако решење представља једну јединку. Проналажење оптималног решења се врши кроз итерације које се називају генерацијама. У свакој генерацији популација јединки одбацује слабе јединке и користи јаке јединке како би генерисала нове ради обнављања. Примену генетских алгоритама за решавање проблема груписања, приказали су у својим радовима *Agustin-Blas* и *Guo* [82], [83].

Симулирано каљење представља методу која креће од једног почетног решења из којег се креирају суседна решења. Након тога се врши избор најбољег решења између почетног и креираних суседних решења. Могуће је, у одговарајућем случају, прихватити и лошије решење уз статистичку вероватноћу да ће из њега настати неко боље суседно решење. Овим се избегава креирање локалног оптимума (минимум или максимум неке функције) и долази се до глобалног оптимума. О примена симулираног каљења у групној технологији писали су и својим радовима *Irani* и *Baykasoglu* [84], [85].

Оптимизација колонијом мравца се односи на математичку репрезентацију кретања мравље колоније у циљу проналажења најкраће путање [86]. Колонија мравца функционише на начин да проналазе најкраће путање до извора хране остављањем трага феромона. Мрави из колоније прате траг феромона уколико је он јак или га у супротном не прате. Јачина трага феромона представља квалитет решења посматраног проблема. Примена оптимизације колонијом мравца у производним системима могу да се односе на:

- ✓ Прилагођавање припремно-завршних времена [87].
- ✓ Уравнотежење оптерећења капацитета [88].
- ✓ Алокација ресурса [89].
- ✓ Одабир алата и алокација операција [90].
- ✓ Оптимизација физичких и виртуелних радних јединица [91], [92].

Табу претрага је метод где се у процес претраживања решења укључују атрибути који карактеризују решења по квалитету. У зависности од квалитета решења оно може бити поново укључено у претрагу или забрањено (табу) за претраживање. Пример примене ове методе у оквиру групне технологије дао је *Hamedi* [93].

4 РАЗВОЈ АЛГОРИТМА ЗА ОБЛИКОВАЊЕ КОНФИГУРАТОРА СЛОЖЕНИХ ПРОИЗВОДА ПРИМЕНОМ ПОСТУПКА ГРУПИСАЊА

У овом поглављу описна је процедура (алгоритам) за развој и пројектовање система за конфигурање производа – конфигуратора. Ови системи се у све већој мери користе у индустрији као подршка за јасно идентификовање и дефинисање производа, а све у циљу за постизањем што боље везе између продаје и производње. Процедура укључује анализу и редизајн пословних процеса који могу бити подржани системом за конфигурање, анализу и моделовање производног програма компаније, класификацију делова и дефинисање комплексних подсклопова и производа, дефинисање „cloud” мреже, избор софтвера за конфигурање, програмирање софтвера, имплементацију и даљи развој система за конфигурање.

Сврха процедуре је да се уреди одређена структура (дефинишу фазе) како реализовати задатак развоја, имплементације и коришћења система за конфигурање. Пратећи ову процедуру, могуће је:

- ✓ Извући пословне захтеве потребне да би се направио систем за конфигурање, развити будуће процесе прикупљања података, ограничити и дефинисати знање које ће бити уграђено у систем за конфигурање.
- ✓ Анализирати и описати комплетан производни програм и правила за пројектовање производа према специфичним захтевима купца. Такође, могуће је проценити и ако је неопходно прилагоди постојећи производни програм како би био погодан за систем за конфигурање.
- ✓ Изразити знање и информације о производу у адекватним формама за уградњу у стандардне системе за конфигурање.
- ✓ Имплементирати систем за конфигурање који је креиран и осигурати да је један такав систем могуће континуално одржавати и даље развијати.

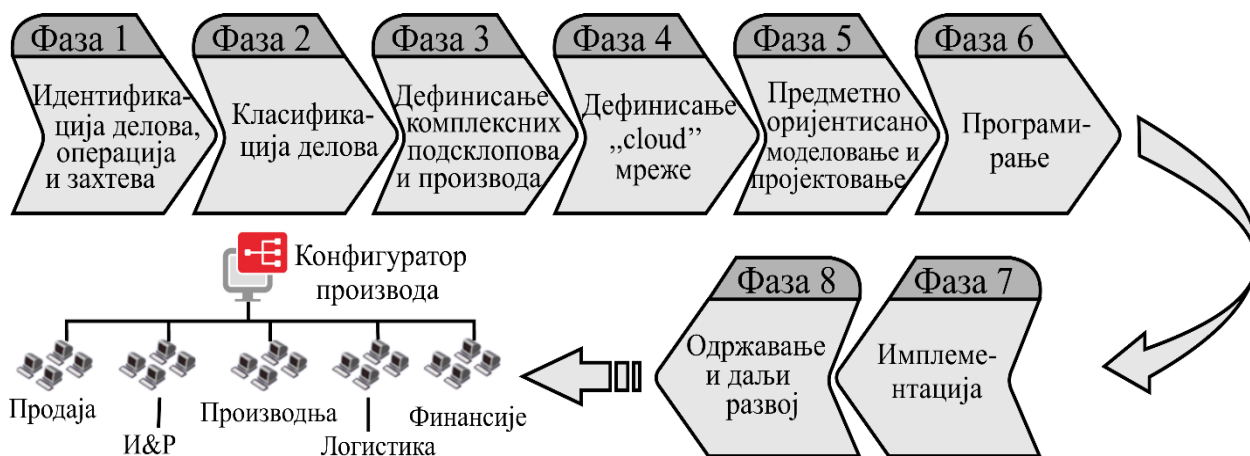
Додатно, процедура има за циљ да помогне у спровођењу организационих промена до којих неминовно долази када се знање о производу формализује и угради у систем за конфигурање. Процедура се заснива на теорији и методама из бројних техничких области:

- ✓ Групна Технологија.
- ✓ Масовна производња према жељи купаца и модуларизација производа.
- ✓ Реинжењеринг пословног процеса.
- ✓ Развој производа и знање о фазама животног циклуса као што су производња и монтажа.
- ✓ Структура за грађење модела производа.
- ✓ Технике за моделирање као што је предметно-оријентисано моделирање.
- ✓ Методе за коришћење информационих система, укључујући предметно-оријентисане анализе.
- ✓ Организациони фактори повезани са конструисањем система за конфигурање, укључујући управљање пројектима и управљање променама.

4.1 Алгоритам за развој система за конфигурисање сложених производа

Узимајући као стартну тачку предметно-оријентисани животни циклус система за конфигурисање, у наставку ће бити описана процедура за развој конфигуратора сложених производа применом поступка груписања. Процедура између осталих ствари садржи и методе („cloud“ мрежа) за анализу пословних процеса који треба да буду подржани од стране система за конфигурисање, али и методе за анализу и пројектовање производног програма.

Слика 4.1. и 4.2., и Табела 4.1. илуструју алгоритам за развој конфигуратора сложених производа применом поступка груписања, као и саму имплементацију система за конфигурисање.

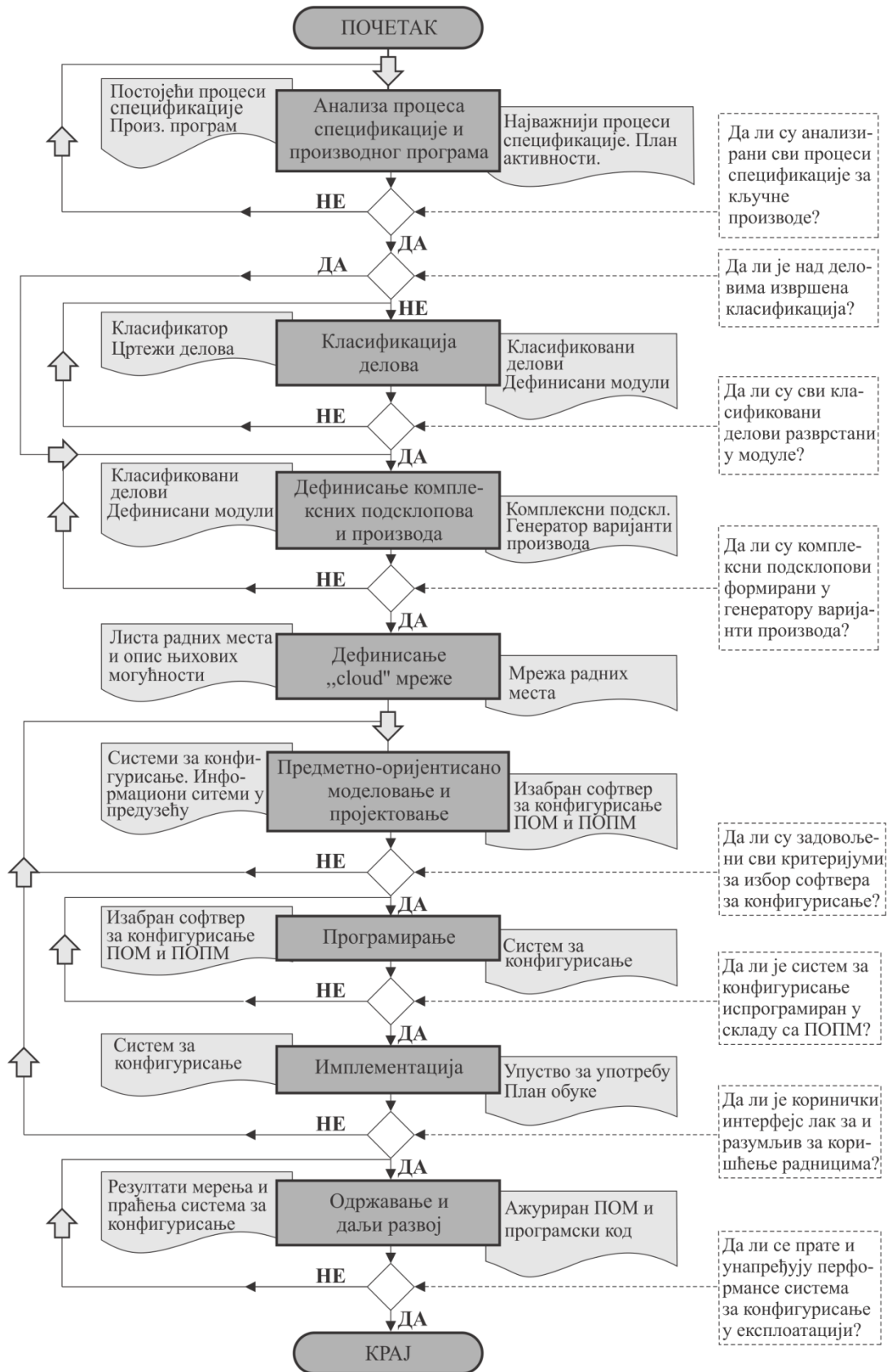


Слика 4.1. - Фазе за развој и имплементацију система за конфигурисање

Прва фаза у алгоритму укључује идентификацију и карактеризацију за најважније процесе конфигурисања, као и анализу циљева и осталих захтева укључених у процес конфигурисања, како би могли бити подржани од стране система за конфигурисање. У складу са пословном стратегијом компаније, процеси конфигурисања су описани, а анализирани су и комерцијални захтеви неопходни за исте процесе.

Настављајући од ове тачке, сценарији су разрађени за будуће процесе конфигурисања и користећи оквир за моделовање фамилија производа који је објашњен у наставку поглавља, дефинисан је општи садржај система за конфигурисање који је потребно развити како би се подржао процес конфигурисања. Ово чини основу за анализу производа, којом се завршава прва фаза и у којој је описан садржај и структура система за конфигурисање заједно са повезаним системима животног циклуса (на пример производња, монтажа, испорука, коришћење и сервис након употребе), уколико их је било.

Током прве фазе, индивидуални сценарији су процењени и изабран је сценарио за даљи развој. Као подлога за даљи рад, формулисани су биџет и план даљих активности. Циљ ове анализе производног програма јесте да се постигне један општи преглед индивидуалних фамилија производа и њихових могућих варијанти. Такође, генератор варијанти производа помаже како би се осигурало да различити људи у компанији имају заједнички поглед на структуру асортимана производа и могућности за варијантама.



Слика 4.2. - Алгоритам за развој и имплементацију система за конфигурисање

Табела 4.1. – Алгоритам за развој система за конфигурисање сложених производа

Фаза	Активности	Алати	Резултати	
1	Идентификација делова, операција и захтева	Корак 1, идентификација и карактеризација најважнијих процеса конфигурисања. Корак 2, формулисање захтева и циљева за индивидуалне процесе конфигурисања. Корак 3, креирање нових процеса конфигурисања. Дефинисање система за конфигурисање који ће подржати ове процесе. Корак 4, процена и избор сценарија. Корак 5, план активности и организација даљег посла. Корак 6, анализа производног програма.	Дијаграми токова, ланци активности, <i>IDEFO</i> дијаграми. Таргетирање и анализа јаза. <i>SWOT</i> анализа, технике сценарија, анализа трошкова-користи, <i>benchmarking</i> , управљање пројектима, управљање променама.	Карактеристике најважнијих процеса за конфигурисање. Циљеви и захтеви за индивидуалне процесе конфигурисања. Сценарио у форми описа будући процеса конфигурисања и дефиниције система за конфигурисање који мора да подржи те процесе. План активности. Дефинисање опште структуре система за конфигурисање.
2	Класификација делова	Додељивање класификационог броја сваком делу у производном програму. Дефинисање модула. Груписање делова са истим или сличним класификационим бројем у групе. Обликовање група.	Класификациони систем КС-ИИС-08.	Класификовани предмети рада. Групе истих или сличних предмета рада.
3	Дефинисање комплексних подсклопова и производа	Анализа свих могућих варијанти подсклопова како би се установили комплексни подсклопови. Анализа функција подклопа, ради дефинисања потенцијалних комплексних производа. Израда генератора варијанти производа.	<i>Brainstorming</i> . Делфи метода. Панел концезус. Морфолошка матрица. Генератор варијанти производа са могућим ЦРЦ картицама.	Дефинисани комплексни подсклопови. Дефинисана структура комплексног производа. Генератор варијанти производа.
4	Дефинисање „cloud“ мреже	Утврђивање листе операција и квалитета истих на свим радним местима. Постављање хардвера за пријављивање и праћење активности на рад. местима.	<i>Gemba Kaizen</i> Управљање захтевима и праћење активности.	Мрежа радних места повезаних софтвером. Технолошко време за сваки комад. Праћење активности на радним местима.
5	Предметно оријентисано моделовање и пројектовање	Конструисање модела предметно-оријентисане анализе (ПОМ). Избор софтвера за конфигурисање. Прилагођавање ПОМ-а одабраном софтверу за конфигурисање. Разрађивање спецификација захтева за програмирање, кориснички интерфејс, интеграцију са осталим информационим системима.	Дијаграм класе са припадајућим ЦРЦ картицама и остали <i>UML</i> дијаграми. Критеријуми за избор софтвера. Форме за представљање знања.	Предметно-оријентисани модел (ПОМ). Кориснички интерфејс, спецификација захтева. Избор софтвера за конфигурисање. Прилагођени предметно-оријентисани модел (ПОПМ). Спецификација захтева за програмирање.
6	Програмирање	Програмирање и тестирање.	Софтвер за конфигурисање.	Коначно испрограмиран систем за конфигурисање.
7	Имплементација	Имплементација система за конфигурисање и будућих процеса спецификације.	План имплементације, Обука корисника система. Менаџмент промена.	Упутство за употребу и план обуке.
8	Одржавање и даљи развој	Мерење и праћење нових процеса спецификације. Одржавање и стални развој система за конфигурисање. Именовање особа задужених за одржавање и стални развој система за кнфигурисање.	Методе мерења. План организације за одржавање система.	Мерења перформанси нових процеса спецификације. Ажуриран ПОМ и програмски код. Људи одговорни за одржавање и даљи развој система за конфигурисање.

Класификација производа се врши како би се сви производи сврстали у групе сличних производа, чиме је друга фаза започета. Класификација производа је неопходна не само због беневити које ће од ње имати производни сектор и продаја приликом конфигурисања потенцијалне варијанте производа (понуде), него је и сам процес развоја система за конфигурисање овом фазом значајно олакшан и убрзан.

Дефинисањем комплексних подсклопова и комплексног производа започиње трећа фаза поступка развоја конфигуратора сложених производа. Комплексан производ је сачињен од комплексних подсклопова, док су позиције и међусобне везе између комплексних подсклопова јасно дефинисане. Комплексни подсклоп је производ који садржи све карактеристике производа из групе којој припада, групе сличних производа које су дефинисане у другој фази. На крају треће фазе, производи су анализирани на принципу креирања скица/модела асортимана производног програма помоћу тзв. генератор варијанти производа. То је начин описивања производа у смислу спецификације делова/подсклопова који се налазе унутар њих и спецификације њихових функција и својстава, заједно са могућим чиниоцима животног циклуса, као што су производња, монтажа и инсталирање. Још као додатак на све ово, описане су и везе између индивидуалних делова/подсклопова. Дакле, генерисањем варијанти комплексног подсклопа могуће је добити било који производ из групе којој припада и чији је представник, док се комбинацијом генерисаних комплексних подсклопова добија комплексни производ, тј. сложени производ.

Четврта фаза започиње дефинисањем „*cloud*” мреже, где је потребно да се одреде сви учесници процеса израде и монтаже комплексних подсклопова и производа, како би се оператери са радних места могли пријављивати за одређени посао, а продаја имала увид у старта и завршетак одређеног посла. На тај начин би се одређеним задацима могао доделити приоритет у односу на друге, док се прегледом радних места на којима се потенцијално могу извршити потребне активности долази до времена потребног за израду одређеног производа и цене коштања целог поступка.

За детаљно моделовање самог информационог система, коришћено је предметно-оријентисано моделовање. Генератор варијанти производа који је развијен служи као основа за идентификацију класа објеката и хијерархије класе. Детаљи о индивидуалним класама објекта су описани кроз такозване ЦРЦ (*class responsibility collaboration*) картице, што ће бити детаљније описано кроз наредна подпоглавља.

Предметно-оријентисани модел формира основу за програмирање модела. Овим су дефинисани остали захтеви везани за програмирање система за конфигурисање, као што је његов кориснички интерфејс и његово повезивање са другим информационим системима, као што је рецимо ЕРП (*enterprise resource planning*) систем компаније за коју се развија систем за конфигурисање. У фази пет, одабран је софтвер за израду конфигурација, а потом се модел који је развијен прилагођава одабраном софтверу.

Када је завршено са програмирањем система за конфигурисање и исти имплементиран унутар организације, систем улази у оперативну фазу током које треба да се одржава и стално даље развија.

4.1.1 Идентификација делова, операција и захтева (ФАЗА 1)

Прва фаза процедуре за развој система за конфигурисање укључује идентификацију и анализу производног програма предузећа, анализу процеса конфигурисања, као и анализу процеса производње који се одвијају унутар предузећа. Ове анализе имају за циљ да појасне комерцијалне циљеве развоја и имплементације система за конфигурисање. Такође, анализа мора дефинисати будуће процесе спецификације, а потом да се настави кроз дефинисање система за конфигурисање који ће се користити као подршка за те процесе спецификације.

Да би се појаснили циљеви развоја и имплементације система за конфигурисање као подршке поступку израде процеса конфигурисања, неопходно је да се прво размотре прилике које се могу остварити оваквим системом, а у вези су са целокупном пословном стратегијом предузећа. Шта то значи за продају, на пример, ако је време потребно да се разради једна понуда или попуни једна понуда смањено са три недеље на тридесет минута? Колики стратешки значај има ако су трошкови производње смањени за десет процената, као резултат боље и са мање грешке обављене конфигурације у производњи? Да би се одговорило на оваква питања, потребан је увид у тржишну позицију предузећа и захтеве које купци имају према компанији која је предмет анализе.

У овој дисертацији нису разматране методе за анализу спољашњих услова и формулисања пословне стратегије. Уместо тога, овде су описани многи критични фактори у вези са процесима конфигурисања унутар компаније, као што је на пример, време потребно да се разради једна или више конфигурација, могућност да се у кратком року може доћи до специфичног производа који је купац захтевао и на крају квалитет самих конфигурација које се разрађују.

Ови фактори морају бити уграђени у стратешко планирање компаније, с обзиром да коришћење система за конфигурисање носи са собом многе могућности, а и ризике. Посао у првој фази почиње са идентификацијом и карактеризацијом најважнијих процеса конфигурисања унутар компаније. Овај посао се може постићи идентификацијом најважнијих процеса конфигурисања, као што су рецимо, понуде за купце, листе делова, листе операција или инструкције за процес монтаже. Процеси конфигурисања који су коришћени како би се израдиле поменуте конфигурације могу да се опишу и карактеризују.

Следећи корак је да се формулишу циљеви и захтеви у погледу перформанси за најважније процесе конфигурисања. У складу са тим, уколико је потребно, могу бити спроведене серије мерења перформанси за изабране процесе конфигурације, као што су на пример, време потребно за израду конфигурација, утрошак ресурса или квалитет саме конфигурације. Поређењем постављених циљева и стварних перформанси унутар одређеног процеса конфигурисања, може се доћи до првих показатеља где постоји највећи потенцијал за коришћење система за конфигурисање како би се разрадиле конфигурације.

Након што је завршена анализа најважнијих процеса конфигурисања за предузеће, разрађује се сценарио, како би се у будућности могле разрађивати конфигурације употребом система за конфигурисање производа. Разрађује се анализа трошкова/користи за сваки од сценарија, након чега се бира сценарио који ће се даље разрађивати. Коначно, план и буџет се израђују како би се посао могао наставити даље.

Када се ради анализа процеса конфигурисања унутар предузећа, неопходно је да се уради и анализа производног програма предузећа. Ако предузеће има комплексне и неструктуриране процесе конфигурисања, то је онда обично повезано са производним програмом који је комплексан и неструктуриран. Да би се направили јасни и структурирани процеси конфигурисања унутар предузећа, а и у самом систему за конфигурисање производа који је ту да подржи и олакша пословне процесе, неопходно је да се направи један општи преглед асортимана предузећа.

4.1.2 Класификација делова (ФАЗА 2)

Када се анализа производног програма заврши, договори производни програм који улази у систем за конфигурисање, дефинишу процеси спецификације, улази се у другу фазу развоја у којој се класификују сви делови којима ће се служити будући систем за конфигурисање – конфигуризатор.

Скоро су све прве примене групне технологије (ГТ) биле планиране коришћењем технике класификације и кодирања (К&К). Ова техника је и даље важна у погледу смањења трошкова пројектантског одељења и постављања алата. Употребом К&К испитују се сви цртежи за све компоненте израђене у компанији. Постепено се класификују сви делови унутар предузећа како би се груписали делови сличног облика и сличних функција. Свакој класи делова додељује се класификациони број, помоћу којег се сада делови могу лакше идентификовати и спојити у групе сличних делова.

Знање о сличностима између делова мора се на неки начин забележити. То ће олакшати одређивање и поновно јављање сличних делова. То значи да се деловима мора доделити класификациони број у смислу симбола или бројева, базиран на дизајну и производним карактеристикама дела који се анализира. Постоје четири главна питања приликом израде система за класификацију:

- ✓ Укупан број делова (компоненти),
- ✓ детаљи класификационог броја,
- ✓ структура класификационог броја и
- ✓ начин представљања (бројчани).

Један од најчешће и најшире коришћених система за класификацију на подручју бивше СФРЈ је КС-ИИС08 систем. Многа предузећа израђују системе за класификацију према сопственим потребама и притом је важно да:

- ✓ класификациони број буде довољно флексибилан како би руковао будућим деловима једнако добро као и са садашњим,
- ✓ се познају карактеристике делова које је потребно укључити (на пример, да ли су делови обртни, призматични, лимови, итд.),
- ✓ буде користан јер класификациони број мора правити разлику између делова са различитим вредностима за кључне атрибуте (материјал, толеранције, потребне машине, итд.).

Детаљи класификационог броја су кључни за успех задатка класификовања. Идеалан је кратки класификациони број који јединствено идентификује сваки део и у

потпуности описује део са конструкционог и производног становишта. Превише детаља доводе до гломазног кл. броја и губитка ресурса у сакупљању велике количине података, док са премало детаља класификациони број може да постане бескористан.

Као генрално правило стоји да све неопходне информације за груписање делова за производњу треба да буду укључене у класификациони број сваки пут када је то могуће извести. Карактеристике као што су спољашњи облик, облик ивица, унутрашњи облик, отвори, рупе и димензије су обично укључени у шему класификовања.

Везано за структуру класификационог броја, она је обично класификована као хијерархијска, ланчана или хибридна. Структура хијерархијског кода је таква да значење цифре у коду зависи од вредности претходних цифара у коду. Код ланчаног кода, свака вредност за сваку од цифара има конзистентно значење. Како и хијерархијска и ланчана структура кода имају своје предности, многи комерцијални кодови су заправо комбинација ова два, тј. хибридни.

Коначна одлуке је представљање кода. Цифре могу бити:

- ✓ Нумеричке или чак бинарне; ради директне употребе у рачунарима (складиштење и ефикасност поновног коришћења),
- ✓ Азбучне, људи су некако више лежернији са кодирањем типа „М“ за материјал или са „Т“ за толеранције, у односу на употребу бројева.

Процес доношења исправне одлуке везано за избор система за класификацију унутар предузеће укључује инжењера пројектанта, производног инжењера и програмера који раде заједно као тим.

Класификациони систем КС-ИИС-08 [46], је развијен за потребе индустријских система геометријски обликованих производа и обухвата у основи обележја релевантна за обликовање оепрацијских група на релативно једноставан начин. Структура система је шематски дата на слици 4.3.



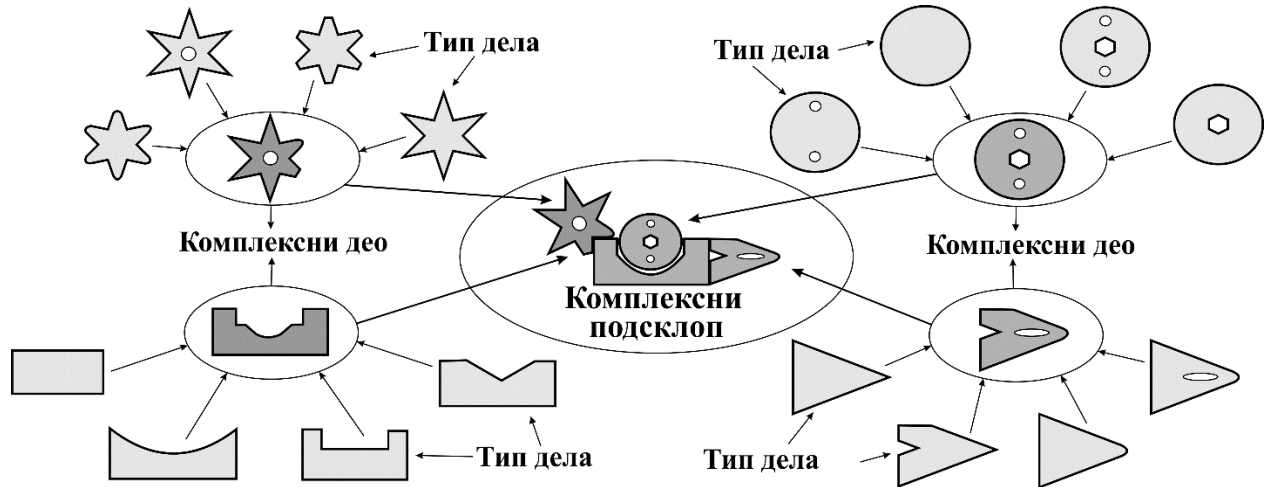
Слика 4.3. – Структура система класификације

Основне карактеристике предметног система класификације су:

- ✓ класификациона ознака има четрнаест места – обележја (1 до 14),
- ✓ свако обележје има десет поља (0 до 9),
- ✓ свако поље садржи одређено значење.

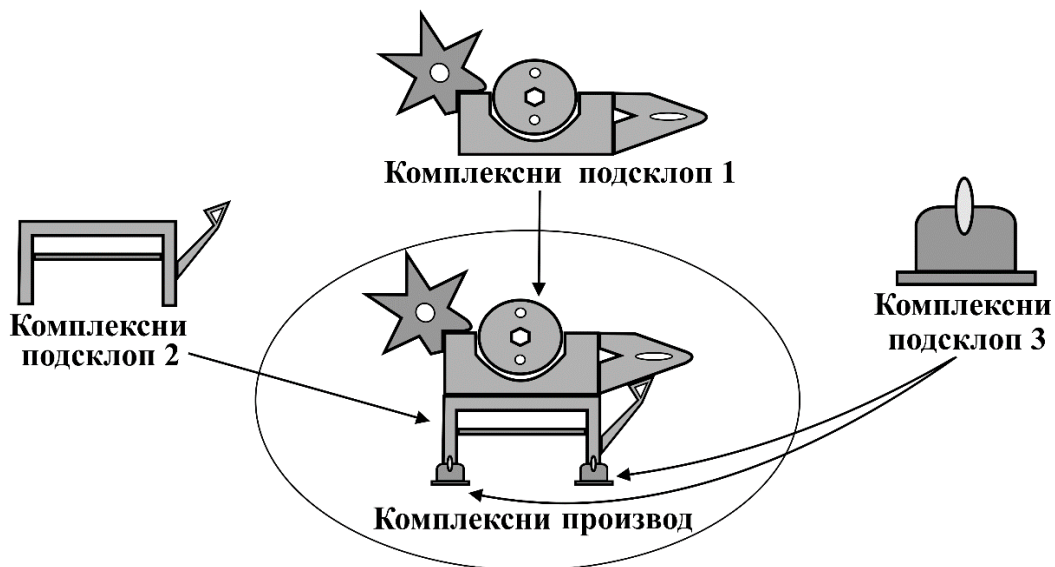
4.1.3 Дефинисање комплексних подсклопова и производа (ФАЗА 3)

По завршетку претходне фазе у којој су деловима додељени класификациони бројеви, приступа се дефинисању комплексних подсклопова (Слика 4.4.) и комплексних производа (Слика 4.5.), као начину да се знање о производима исказе у одговарајућим формама, погодним за уградњу у систем за конфигурисање.



Слика 4.4. – Дефинисање комплексног подсклопа

Сви делови који имају исти класификациони број чиниће модул, док ће комплексан подсклоп, како би могао да обавља своју предвиђену функцију циља, чинити сви неопходни појединачни делови, који монтирани у одговарајућем редоследу и на одређени начин, чине комплексни подсклоп (Слика 4.4.). Скуп потребних комплексних подсклопова, повезаних на јасно дефинисан начин како би коначан производ могао да обавља функцију циља којој је намењен, као и додатне функције које купац производа очекује, чини комплексан производ. Комплексан производ се може садржати од два или више комплексних подсклопова (Слика 4.5.).



Слика 4.5. – Дефинисање комплексног производа

Комплексни подсклопови који чине комплексан производ су у већини случајева од истих и/или сличних материјала, са истим и/или сличним везама између делова, добијеним истим и/или сличним начинима обраде. Међутим, то није увек правило за све комплексне производе, јер постоје они који су комбинација потпуно различитих комплексних подсклопова.

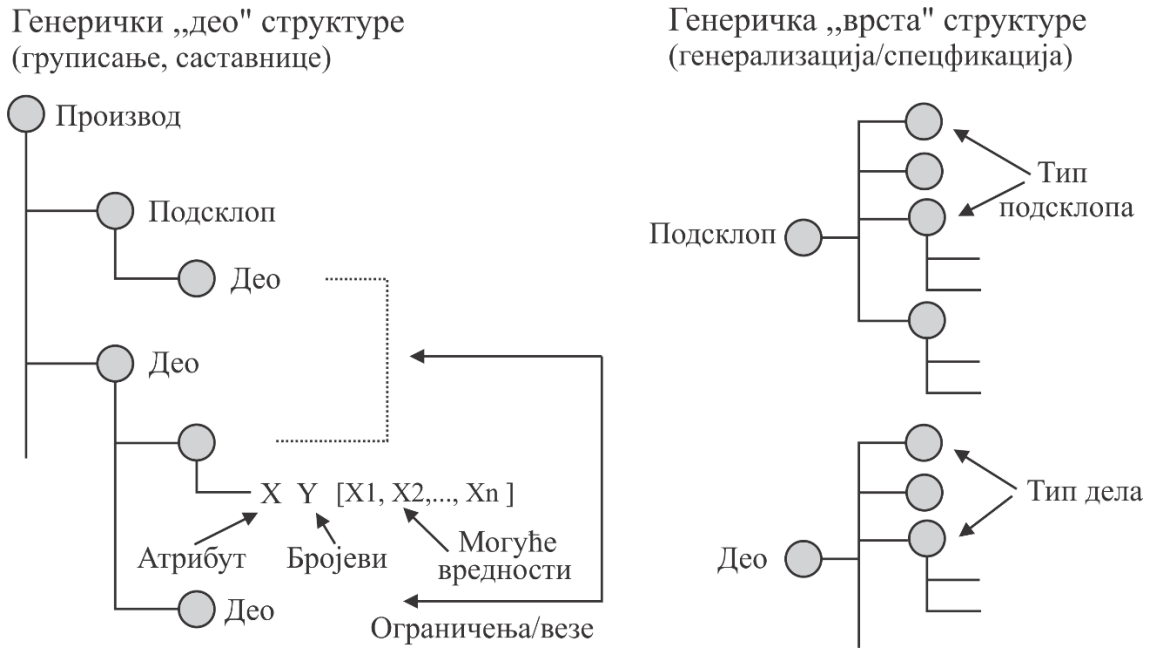
Дефинисањем комплексног производа и подсклопова, познати су сви делови који треба да уђу у састав система за конфигурисање и постану доступни клијенту како би направио своју конфигурацију персонализованог производа. Потребно је још да се дефинишу сви технолошки системи који се могу ангажовати у процесу израде и монтаже производа, како би се време од тренутка добијања поруџбине до момнета испоруке готовог производа, максимално могуће скратило употребом расположивих технолошких система и радне снаге.

Следећи корак у трећој фази јесте да се обезбеди један општи преглед програма производње предузећа и опише знање о производу које ће у наредним фазама развоја бити уграђено у систем за конфигурисање производа.

Неретко се дешава да је производни програм предузећа изузетно широк и има огроман број варијанти. Да би се добио општи поглед на све производе, производни програм предузећа је приказан кроз генератор варијанти производа (слика 4.6.).

Генератор варијанти производа се састоји из два дела. Први део, „део“ структуре (лева страна генератора варијанти производа – слика 4.6.), садржи оне подсклопове и делове који се појављују у целој фамилији производа. На пример, аутомобил се састоји од шасије, мотора, система за кочење, итд. Сваки подсклоп/део производа је означен на наредној слици са кругом. Такође, могуће је да се специфицирају количине за сваки од делова који улазе у састав коначног производа, на пример, један мотор и четири точка за сваки аутомобил. Индивидуални подсклопови/делови се такође моделују са серијом атрибута који описују њихове карактеристике и својства.

Други део генератора варијанти производа (десна страна слике 4.6.) описује како се део производа може појавити у више варијанти. Мотор на пример, може бити на дизел и бензин. То је приказано у генератору варијанти производа као генеричка структура, где је генерички део назван мотор, а специфични делови мотор на бензин и дизел мотор. Два типа структуре, „део“ структуре и „врста“ структуре, су аналогне са структурама груписања и специјализације предметно-оријентисаног моделовања.



Слика 4.6. – Генератор варијанти производа

Индивидуални делови су такође описани са атрибутима, као што је приказано кроз генерички „део“ структуре. У генератору варијанти производа, дат је опис о најважнијим везама између подскопова/делова, тј. правила о томе који подскопови/делови су дозвољени да се комбинују у на који начин. То се ради тако што се повуче линија између два модула/дела и напишу се правила која важе за комбиновање дотичних подскопова/делова. У сличном маниру су описани системи животног циклуса које је потребно моделовати, за које се у генератору могу наћи информације о производном систему или систему за монтажу у којем се могу израдити подскопови/делови. Индивидуални подскопови/делови су у генератору варијанти производа даље описани на тзв. ЦРЦ картицама.

Генератор варијанти производа се обично скицира на великом листу хартије користећи неки од софтвера, на пример, „*Visio*, *Excel* или *CAD*“. Везано за процену генератора варијанти производа, потребно је да се дискутује о бројним факторима који се тичу производног програма предузећа:

- ✓ На коју групу купаца се фокусирамо?
- ✓ Колико добро се различите варијанте производа поклапају са релевантним сегментима које купци захтевају?
- ✓ Која својства производа су она која продају производ, у вези са индивидуалним деловима тржишта?
- ✓ Да ли је права варијанта производа понуђена тржишту?
- ✓ Да ли смо се фокусирали на све релеванте варијанте производа у вези са одређеним тржиштем?
- ✓ Постоје ли правни захтеви у вези са производним програмом?
- ✓ Чије услуге ће бити понуђене купцима, као што су приручници, паковање, транспорт, инсталација или одржавање након продаје?

Дискусија о производном програму компаније може да доведе до веома важног знања, узимајући у обзир колико добро производни програм досеже своје циљеве и где се

могу увести побољшања у производном програму. На пример, могуће је да се уочи како је велики проценат варијанти производа уведен у производни програм из чисто интерних разлога и стога могу бити уклоњене из производног програма без да и буде примећено од стране купаца. Или можда у неким аспектима производи испуњавају друге захтеве у односу на оне који одговарају најбитнијим потребама купаца.

Током развоја система за конфигурисање, неки више технички фактори који су повезани са производним програмом компаније, такође треба да буду истражени:

- ✓ Како се могу установити лимити за индивидуалне фамилије производа? Који делови тржишта и варијанте производа желимо да буду укључени у систем за конфигурисање производа?
- ✓ Колико је производни програм стабилан? Уколико се промене на основној структури производног програма праве редовно, може бити тежак посао да се изради систем за конфигурисање који има нарочито дугачак животни век. Искуство говори да асортиман производа код великог броја компанија има основну сруктуру која је стабилна током дужег временског периода (негде од двадесет до педесет година, у зависности од типа производног система).
- ✓ Колико је сложен комплексан производ и комплексни подсклопови? Колико је компликовано да се разуме производна технологија за њихову израду? Уколико су производи базирани на комплексним и неприступачним технологијама, кључно је да прави људи у сектору за развој, који разумеју производ у целисти, буду део тима који се бави системом за конфигурисање.
- ✓ Са којим степеном детаља је потребно да се ради у систему за конфигурисање? Уколико су производи велики и комплексни (на пример, раскладних и термичких уређаја), тада је неопходно да се систем за конфигурисање базира на релативно високом нивоу апстракције са неколико детаља. Систем за конфигурисање који се користи за честу израду понуда ради са нижим степеном детаља него систем за конфигурисање који се користе за детаљно пројектовање производа или за разраду производних конфигурација.
- ✓ Како је знање о комплексном производу и комплексним подсклоповима приказано? Да ли су документи о производу у форми брошура о производу, цртежа, листе делова (саставница), дијаграма и табела? Или се знање о производима углавном може пронаћи једино у мозговима инжењера који су их пројектовали?
- ✓ Које калкулације су потребне да се спроведу у циљу дефинисања варијанте производа према захтеву купца? Колико су компликоване те калкулације? Да ли се калкулације документују? Да ли калкулације треба да се изврше кроз систем за конфигурисање или постоје одвојени информациони алати који се користе за такве калкулације и требало би их интегрисати са системом за конфигурисање који се развија?

Генератор варијанти производа у условима груписања се разрађује од стране домен експерата (персонала продаје, програмера система, персонала производње, наручиоца система за конфигурисање, итд.) и менаџера модела, уз могућу асистенцију од стране модератора и лидера пројекта кроз низ састанака, на пример шест до осам састанака, једном недељно не дуже од два сата.

Пре првог састанка, у сарадњи са једним или два домен експерта, менаџер модела има разрађен мали део генератора варијанти производа. Тај посао наставља се на

недељном састанку. Током низа састанака, посао на генератору варијанти производа се продубљује и расправља се о његовим индивидуалним деловима. Када је договор постигнут, резултати се уграђују у генератор варијанти производа или припадајуће ЦРЦ картице. Након састанака, електронска верзија генератора варијанти производа и ЦРЦ картице се ажурирају. Уколико било која информација о деловима из производног асортимана о којима се дискутовало на састанцима, није доступна, тада је неопходно да се појединим учесницима доделе задаци прикупљања додатних информација како би се могла донети коначна одлука везана за производни асортиман предузећа

4.1.4 Дефинисање „cloud“ мреже (ФАЗА 4)

У циљу да се у што краћем временском периоду одговори на захтеве купца и изради кастмизован производ према специфичним жељама, потреба је да се скрати не само време за израду конфигурације производа у сарадњи са клијентом, него и време које делови производа проведу у производном погону.

Сврха „cloud“ мреже је повезивање свих радна места (технолошких система) кроз јединствен систем у којем ће радници са радних места, чим заврше претходно преузете активне послове, моћи да се „пријаве - лицитирају“ за нови задатак, а менаџмент предузећа и пословође ће увек имати увид у то колико су још времена заузета одређена радна места у производном погону. На основу пријава за извршење конкретних задатака и хитности посла који се обавља, пословођа ће донети одлуку којим радницима, тј. радним местима ће одобрити извршење одређеног задатка. Уколико је реч о послу који је изузетно хитан, могуће је да се ангажује и више иситих и/или сличних радних места, која су способна да обаве исте операције, између којих ће се поделити посао, а све у циљу што краћег времена потребног да се дође до коначног производа спремног за испоруку крајњем кориснику.

За свако радно место би били везани класификациони бројеви који репрезентују предмете рада који се могу израдити на тим технолошким системима, на основу чега се и „сортирају“ задаци по радним местима. Тако да, када персонал продаје заврши конфигурисање кастмизованог производа у сарадњи са клијентом, сви саставни делови тог производа тада постају познати и могу се кроз производни модул система за конфигурисање, у виду задатака (радних налога), поделити са радним местима у производним погонима, које потом „лицитирају“ радници са тих радних места.

Уколико у производном погону не постоје технолошки системи потребни за извршење појединих операција на предметима рада, или једноставно не постоји довољно капацитета за израду свих операција у потребном временском року, у производни модул систем за конфигурисање могу се укључити и кооперанти предузећа. Кооперант треба да има инсталирану „клијент верзију“ производног модула система за конфигурисање, помоћу које ће имати приступ активним задацима и једнаку могућност да лицитира иста и чека одобрење менаџмента предузећа партнера.

Закључно са овом фазом, дефинисани су процеси спецификације, договорен производни програм предузећа који ће бити покривен системом за конфигурисање, дефинисан генератор варијанти производа, извршена класификација делова, дефинисани комплексан подсклоп и комплексан производ и на крају направљена листа потенцијалних учесника (радних места) „cloud“ мреже. Све ове претходне фазе могу се сматрати подлогом за фазу предметно-оријентисаног моделовања и пројектовања.

4.1.5 Предметно-оријентисано моделовање и пројектовање (ФАЗА 5)

Циљ пете фазе је даљи развој модела из треће фазе, који је доступан у облику генератора варијанти производа и његових припадајућих ЦРЦ картица уз повезивање са дефинисаним комплексним подсклоповима и производима у формалан предметно-оријентисани модел, који садржи релевантно знање о производном асортиману и систему за конфигурисање. На овај начин се може обликовати основа за наступајући избор софтвера, прилагођавање модела како би одговарао софтверу и програмирање.

У процедури за развој система за конфигурисање, предметно-оријентисано моделовање је изабрано као техника моделирања за период од тренутка конструисања модела (генератор варијанти производа и предметно-оријентисани модел) до момента програмирања и одржавања развијеног система. Овај избор направљен је у циљу да би се:

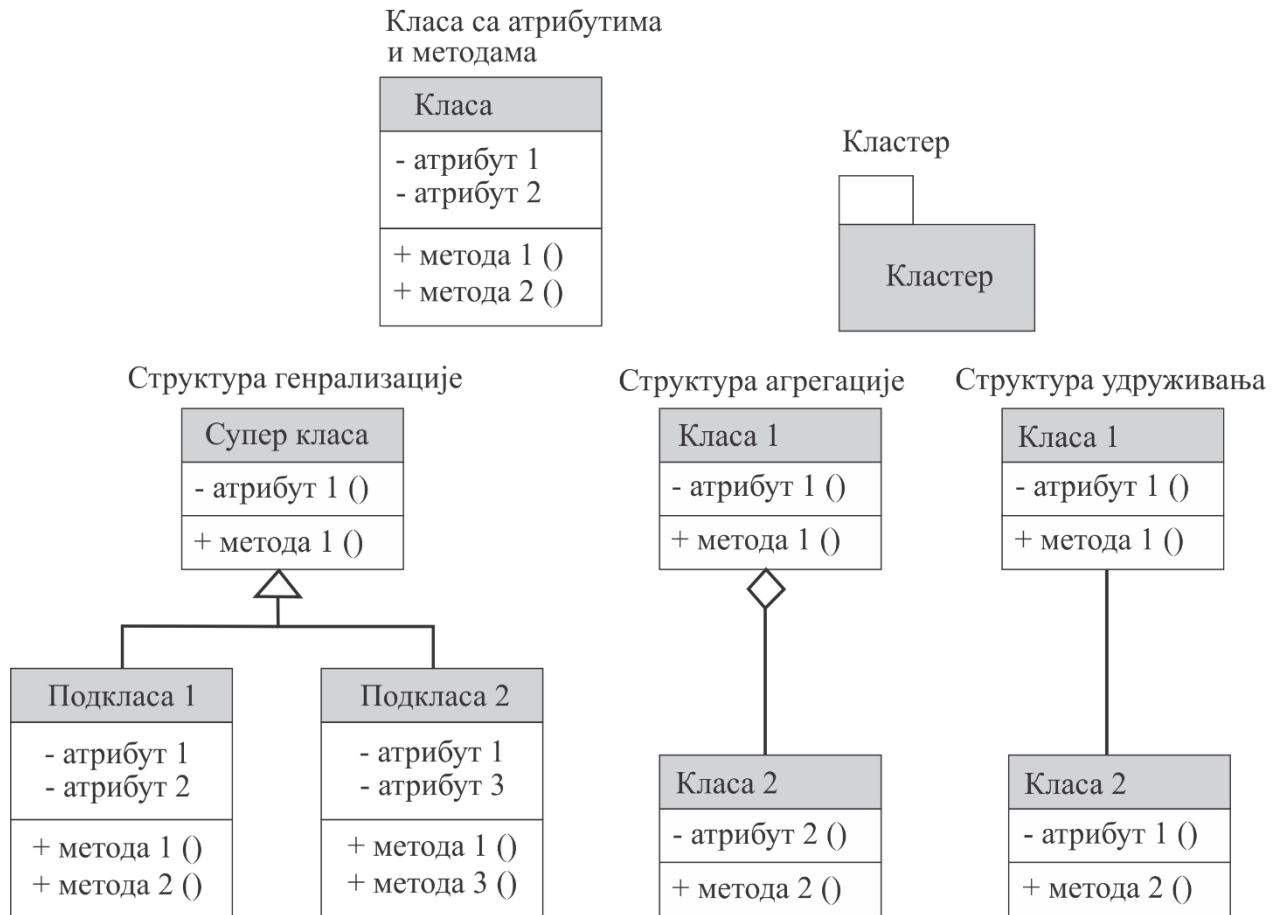
- ✓ Структурирало комплексно знање везано за производни асортиман предузећа.
- ✓ Поново користили резултати анализа током животног циклуса пројекта, од првих анализа па до пројектовања, програмирања и одржавања/даљег развоја модела.
- ✓ Учинио могућим за домен експерте да сами моделују своју област рада (на пример, за особље које се бави развоје производа и персонал одељења за технике производње).
- ✓ Олакшала одговарајућа подела рада између, на пример, менаџера модела (домен експерт) и особе која развија систем за конфигурисање (програмер).

Битна особина предметно-оријентисане анализе је та могућност да се комплексна област структурира кроз поделу у тематска подручја (кластере) и класе објеката. Одабрана структура се користи кроз све фазе предметно-оријентисаног животног циклуса пројекта, што олакшава прелаз између индивидуалних фаза и доприноси доследнијем коришћењу резултата који су постигнути у свакој од фаза.

Чињеница да се користи иста структурна подела и обележја кроз различите фазе предметно-оријентисаног животног циклуса, доприноси побољшању сарадње између менаџера модела, домен експерата и програмера и олакшава поделу задатака између њих. Пример тога је учестао начин да менаџер модела и домен експерти заједно развијају предметно-оријентисани модел, а потом програмер преузима посао и ради на задатку програмирања модела.

Даљи циљ предметно-оријентисане технике моделирања је да се конструишу модели који су стабилни у односу на промене, између осталог, фокусирањем на најстабилније елементе у домену (подручју) и израдом класа објеката највишег нивоа. Коначно, начињен је напор да се искористе заједничке особине објеката путем наслеђивања атрибута и метода објеката.

Коришћени су основни принципи и обележја из Јединственог језика моделирања (UML). Слика 4.7., илуструје обележја за класе и релације између класа.



Слика 4.7. – UML обележавање ради дефинисања класа објеката и њихових међусобних веза

Индивидуалне класе су идентификоване путем имена класа, које су заправо представници за домен који се моделује. У вези са моделом производа, оне на пример могу бити имена која описују делове производа, неке од функција које имају производи или својство животног циклуса као што је рецимо производња или монтажа.

Индивидуалне класе садрже атрибуте, који имају задатак да описују шта класа „зна“ и методе, које описују шта класа „ради“. Атрибути могу бити видљиви (јавни) за друге класе (означени са +) или заштићени (приватни, означени са -), тако да онда једино тренутне методе класе могу да промене вредност атрибута. Атрибути се морају што је дуже могуће чувати заштићени, како би се постигла енкапсулација. Методе су обично јавне, с обзиром да се комуникација између класа одвија преко метода. Атрибути су описани помоћу њиховог имена, типа податка, вредности интервала и јединице, на пример: дужина, *[Integer],[120...250]* мм.

Везано за приказивање шеме класе, избор је да се прикаже само име класе или да се виде и атрибути и методе. Уколико су методе укључене у шему класе, тада се једино име методе приказује. У случају атрибута, методе могу бити видљиве [+] или заштићене [-]. На слици 4.8., приказан је пример класе назване „Навигација“, са атрибутима дужина, ширина, боја, тип и шречник отвора навигације. Додатно, имена су дата за две методе: обрачун површине и провера пречника отвора навигације.

НАВИГАЦИЈА
<ul style="list-style-type: none"> - Дужина [<i>Integer</i>] [120...250] мм - Ширина [<i>Integer</i>] [60...150] мм - Боја [<i>String</i>] [црвена, зелена, плава] - Тип [<i>Integer</i>] [1, 2] + Отвор навигације [<i>Integer</i>] [40, 60] мм
<ul style="list-style-type: none"> - Обрачун површине (): [<i>Integer</i>] + Провера отвора навигације (): [<i>Integer</i>]

Слика 4.8. – Дефинисање имена класе, атрибута и метода кроз шему класе

Уз то, атрибути и методе су детаљно објашњени на ЦРЦ картицама, које су детаљније разрађене у наставку ове фазе.

Постоје три различита типа веза између класа: генерализација, агрегација и удруживање. Такође, класе се могу груписати у кластере сродне, на пример, са групом класа које описују производ или групом класа које описују израду производа. Структура кластера указује на групу класа објекта, који концептуално формирају целину и који су међусобно повезани. Према томе, структура кластера обично укључује класе објекта који су међусобно повезани са структурама генерализације, агрегације и удруживања.

ЦРЦ картице се користе за описивање индивидуалних класа објекта везано за процес спецификације генератора варијанти производа и коначни предметно-оријентисани модел класе. ЦРЦ је акроним од енглеских речи (*Class, Responsibility and Collaboration*), што значи класа, одговорност и сарадња. Другим речима, картица је објекат на који се описује шта дефинише класу, укључујући име класе, њену могућу позицију у хијерархији, заједно са датумом и именом одговорне особе за ту класу. Такође, дати су и задатак класе (одговорност), атрибути и методе класе и са којим другим класама сарађују (сарадња) [94]–[96].

Слика 4.9., приказује један пример ЦРЦ картице. Везано за моделовање производа, додаје се и скица дела производа на који се односи картица, заједно са спецификацијом атрибута везаних за део производа. Да би били сигурни да је добијени модел разумљив, погодно је да се одвоји знање о производима и њихова својства животног циклуса (знање о производу), од знања које је битно за програмирање система за конфигурисање (знање о систему), укључујући кориснички интерфејс и интеграцију са другим информационим системима које користи компанија за коју се израђује систем за конфигурисање. Другим речима, колико је то могуће, класе објекта са знањем о производу треба груписати у један кластер, а класе објекта са знањем о систему у други кластер.

Име класе:	Датум:	Аутор/верзија:
Одговорности:		
Агрегација		Генерализација
Супер делови:		Супер класе:
Под делови:		Под класе:
Скица:		
Атрибути:		Класа сарађује са:
Методe система:		
Методe производа:		
Интерне методe:		
Екстерне методe:		

Слика 4.9. – ЦРЦ картица [14]

Уколико нека класа објекта треба да садржи знање о производу, а и знање о систему, то је могуће остварити тако што се део ЦРЦ картице који описује методe подели у методe везане за знање о производу (методe производа) и методe које садрже знање о систему (методe система), што се и види на претходној слици. Један од разлога за ову поделу, између осталог, је тај да се методe система обично не мењају током животног века

система за конфигурисање, пошто методе производа морају да се ажурирају уколико се производ промени и развије даље. Методе производа се такође могу поделити у интерне методе, које се тичу само атрибута класе и екстерне методе производа, које захтевају сарадњу са осталим класама.

ЦРЦ картице се попуњавају постепено током предметно-оријентисане анализе (ПОА). ЦРЦ картица се може повезати како са генератором варијанти производа, тако и са моделом ПОА. Сврха ЦРЦ картице је да детаљно документује знање о атрибутим и методама за индивидуалне класе објекта и да опише међусобне везе између класа. ЦРЦ картица служи као документација за домен експерте и персонал који се бави развојем система, што је чини, важним средством за комуникацију и документацију знања унутар пројектне групе, заједно са генератором варијанти производа и шемом класе.

Различити људи су укључени у задатак моделирања – на пример, домен експерти, персонал за развој система, модератори и корисници будућег система за конфигурисање. Најпре су домен експерти ти који попуњавају ЦРЦ картице, из разлога што они поседују неопходна техничка знања о производу, процесима, итд.

Важно је да се у првом тренутку не попуни превише детаља у ЦРЦ картицама, јер реч је о дуготрајном процесу где се лако може изгуби целокупан поглед на ствари. Дакле, може се рећи да је предност уколико се започне само са попуњавањем поља која се односе на „*име класе*“ и „*одговорности*“. Остала поља се потом попуњавају постепено како долази до пораста увида у структуру модела производа.

Многи ресурси су неопходни уколико се ЦРЦ картице морају одржавати мануелно као документација за покретање модела производа. Уколико софтвер омогућава да се документује програм, на пример, у форми белешки или текстуалних докумената повезаних са индивидуалним објектима, онда је ово у неким случајевима сувишна документација. Проблем је углавном у томе што ти текстуални документи не објашњавају на најбољи начин структуру програма. Битне ставке информација, као што су супер делови / под делови, супер класе / под класе, скица, одговорности и сарадња, могу представљати проблем да се инкорпорирају у систем у форми белешке или текстуалног документа.

Неке компаније су одабрале да документацију чувају у свом интерном систему за дељење документације, користећи на пример LotusNotes, где су ЦРЦ картице складиштене у структури документа који одговара структури генератора варијанти производа или шеме класе.

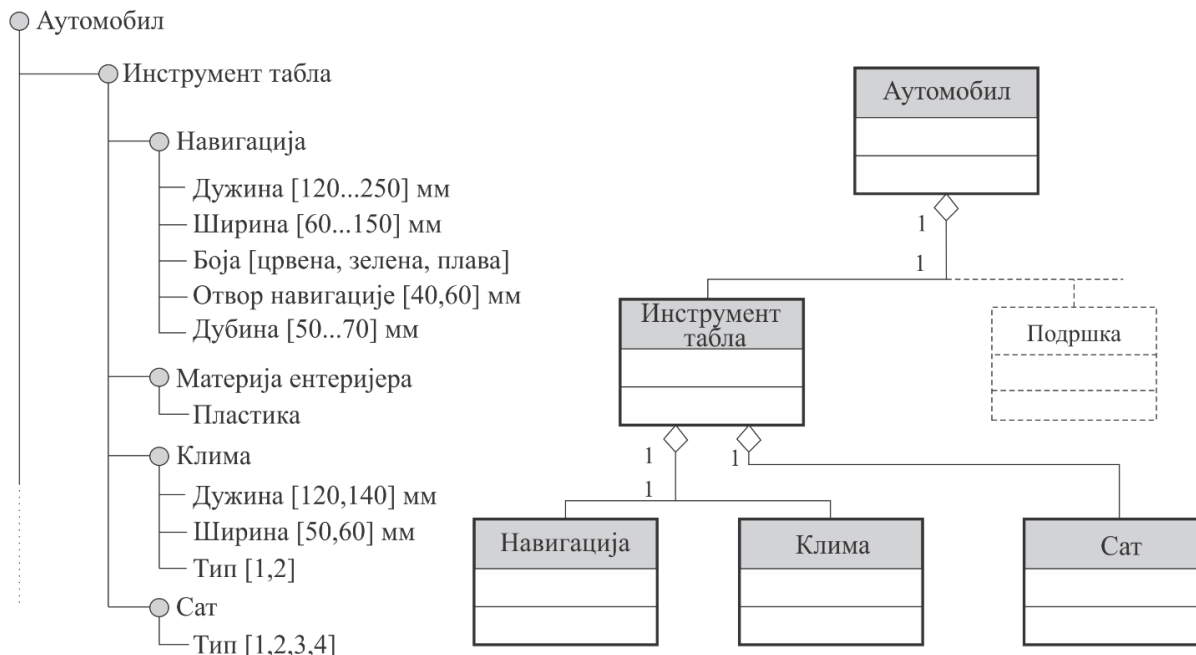
4.1.5.1 Процес изградње предметно оријентисаног модела (ПОМ)

Предметно оријентисани модел (ПОМ) се гради кроз итеративан процес у којем се користе дијаграми случаја, дијаграми класа и ЦРЦ картице. Дијаграми случаја се користе иницијално са сврхом постизања бољег разумевања захтева корисника у погледу система за конфигурисање и захтева интеграције са осталим информационалним системима у предузећу, које очекује будући корисник система.

Јасно одређен генератор варијанти производа формира основу за дефинисање класа објекта и структура класе у моделу производа. Индивидуални чланови у генератору варијанти производа су кандидати за класе објекта, док су „део“ и „врста“ структуре могу

препознати као структуре (грађа) између класа објеката. У генератору варијанти производа, корићене су такозване „део“ и „врста“ структуре. То је концепт који је усвојен кроз предметно-оријентисано моделовање, тако да „део“ структура у генератору варијанти производа одговара структури агрегације, док „врста“ структуре одговара структури генерализације.

Слика 4.10. илуструје како је „део“ структура у генератору варијанти производа пребачена у структуру агрегације кроз дијаграм класе. Може се приметити да „Материјал ентеријера“ није направљен као класа. То је из разлога што је одлучено да се Материјал ентеријера креира као атрибут у вишој класи „Инструмент табла“.

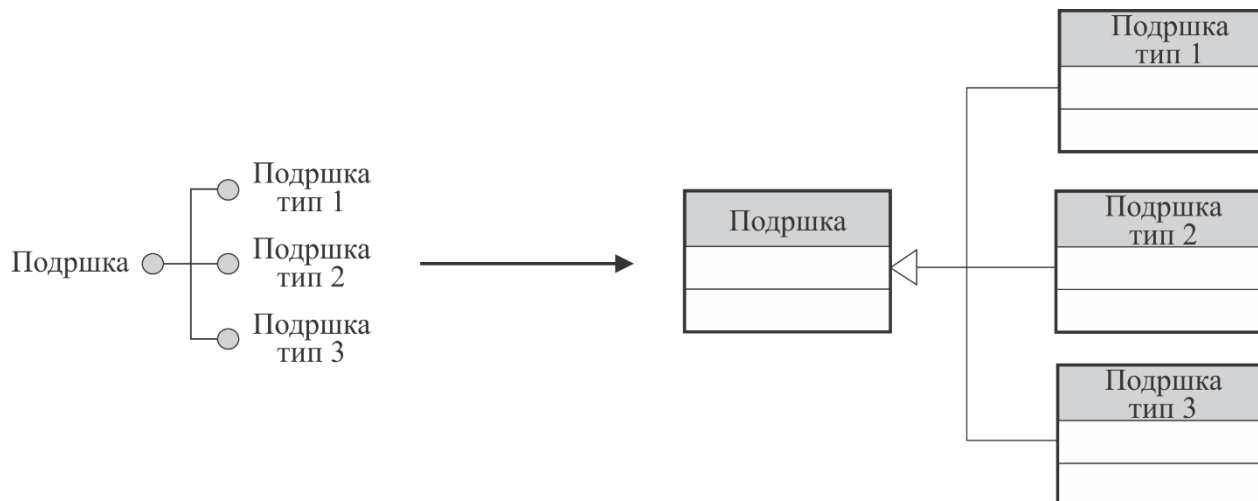


Слика 4.10. – Преко „део“ структуре до структуре агрегације

На одговарајући начин, слика 4.11. приказује како „врста“ структура у генератору варијанти производа може бити пребачена у структуру генерализације у дијаграму класе.

Не треба сви чланови унутар генератора варијанти производа да се аутоматски креирају у класе. За неке од чланова се може одлучити да се креирају као атрибути више класе у хијерархији. Обично се избор направи да се дијаграм класе структурира у ниво према темама (кластерима), како би се остварила структура која је лакша за разумевање, на пример, један ниво су материјали, други делови, трећи подсклопови, итд. У вези са тим, некада се пројектанти одлуче да моделу класе дају структуру, у смислу функција производа/својстава, јединица функције-извођење решења, компоненти или својства животног циклуса.

Системско знање, које на пример укључује опис како систем треба да буде интегрисан са другим информационим системима унутар предузећа, се развија током пете и шесте фазе овог модела: предметно-оријентисано моделовање и пројектовање и програмирање. Задатак моделирања се изводи од стране модел менаџера, током пете фазе, уз подршку техничког модератора, а уз сарадњу са домен експертима и особама које потом треба да програмирају систем за конфигурисање.



Слика 4.11. – Преко „врста“ структуре до структуре генерализације [14]

У контексту развоја и попуњавања детаља у предметно-оријентисани модел, важно је да се менаџеру модела и домен експертима дају највиша овлашћења над моделом који се развија, кроз софтвер који се користи у том поступку. Од виталног значаја за рад и одржавање система за конфигурисање је да модел менаџер и домен експерти имају могућност да ажурирају модел и систем за конфигурисање, како се производи даље развијају током времена.

Може се догодити ситуација да ангажовање менаџера модела и домен експерата у моделовању њиховог знања о производима доведе до многих корисних идеја и промена у производном програму предузећа. Када домен експерти моделују своје знање о производу, структура производа постаје разјашњена и поново процењена. Ово се исто може догодити и у осталим областима, као што су производња или услуге одржавања производа након продаје.

Модел производа су обично развијени од стране неколико људи из компаније, који прикупљају информације од домен експерата, углавном путем различитих састанка и интервјуа. У први мах, ово може довести до грешака у прикупљеним информацијама, а као друга ствар, постоји ризик да домен експерти не осећају припадност са моделом производа. Овај недостатак припадности може да доведе до проблема када дође време одржавања или даљег развоја модела производа. Према томе, информације би примарно требало прикупљати од домен експерата који раде на развоју и одржавању производа.

Везано за пројектовањем корисничког интерфејса система за конфигурисање, важно је осигурати да је систем разумљив и лак за учење и употребу. Следеће наводи су од виталног значаја да би систем био разумљив и лак за коришћење [19]:

- ✓ Лак за коришћење.
- ✓ Лак за оријетисање.
- ✓ Индивидуални приступ информацијама.
- ✓ Време чекања – брз одзив.
- ✓ Подршка.

4.1.5.2 Предметно-оријетисано пројектовање

Предметно-оријетисано пројектовање укључује избор софтвера, прилагођавање предметно-оријетисаног модела према изабраном софтверу и дефинисање спецификације захтева за програмирање.

Избор софтвера за конфигурисање

Почетна тачка за избор система за конфигурисање јесте спецификација захтева за систем, која, поред модела који је развијен, укључује серије захтева за систем и снабдевача, као што су могућност интеграције са другим информационим системима предузећа, време одзива, оперативна поузданост и могућност подршке од стране снабдевача.

Када се формулишу захтеви за софтвер за конфигурисање, битно је да се доделе приоритети захтевима у складу са тим који су то захтеви од суштинског значаја за извршење пројекта („морају се имати“), а који су од мањег значаја („били би лепо имати их“). Софтвер се бира на основу израђене спецификације захтева. У првом кораку ове фазе, испитује се тржиште у циљу идентификовања неколико снабдевача (од три до пет), који се показују као најспособнији да испуне постављене захтеве.

Конечан избор софтвера одвија се кроз процес прикупљања информација о софтверу снабдевача, као и кроз захтеве да снабдевачи имплементирају изабрани део модела производа и њихов софтвер, како би се систем могао тестирати и у пракси. Избор се одвија на основу листе питања која су постављена снабдевачу како би дао обавезујући одговор и пробно тестирање које снабдевач треба да спроведе у свом софтверу за конфигурисање. Обично, уколико се постигне договор са снабдевачем, даје им се период од две до четири недеље да одговоре на постављена питања и изврше програмирање за пробно тестирање.

Када се процењује одговори снабдевача на постављеним питањима везаним за спецификацију захтева и пробну вежбу, најважнији критеријум је да ли снабдевач гарантује да ће решење задовољити најважније захтеве из спецификације захтева и да ли може дати максималне гаранције да ће одређен модел производа бити имплементиран у планираном временском оквиру пројекта.

Прилагођавање модела производа изабраном софтверу

Предметно-оријентисана техника моделирања је у принципу независна у односу на софтвер који изабран за имплементацију система, тако да се модел који је развијен може користити као документација, без обзира на избор алата имплементације. У пракси међутим, често је неопходно да се обаве одређена прилагођавања модела пре него што се он може имплементирати у конкретану ставку софтвера за конфигурисање.

Стандардни системи који су тренутно доступни за конфигурисање производа нису у потпуности предметно-оријентисани. Према томе, често је неопходно да се прилагоди предметно-оријетисани модел могућностима постојећих модела структурирања у конкретном систему за конфигурисање. У вези са тим, мора се одлучити како да се документују разлике у структури одређених модела производа и структури система за конфигурисање.

Прилагођени предметно-оријентисани модел је познат као предметно-оријентисани пројекат модела (ПОПМ). Поред овога, детаљна спецификација корисничког интерфејса, динамике и интеграција са другим информационим системима су израђени и усклађени са одабраним системом за конфигурисање.

Резиме захтева за систем

Пре него што се започне поступак програмирања система за конфигурисање, потребно је сажети и разјаснити све захтеве за систем, притом узети у обзир дијаграм класе, ЦРЦ картице, дефинисан кориснички интерфејс, дијаграме случаја употребе, итд. Такође, спецификовани су и сви захтеви за интеграцију са осталим информационим системима у предузећу, као и за управљање подацима и перформансама (време одзива) система.

Сврха израде спецификације захтева је да се обезбеди јасна слика шта је потребно у систему који је комплетан, конзистентан и употребљив током фазе програмирања. Захтеви су делимично исти као и за избор софтвера за конфигурисање. Фактори који могу бити укључени у спецификацију захтева су:

- ✓ *Лакоћа*: мора се спецификовати колико разумљив и лак за коришћење у свакодневной употреби систем треба да буде.
- ✓ *Поузданост*: колико поуздан систем мора бити? Које су последице уколико дође до пада система?
- ✓ *Доступност*: Како ће се приступати систему? Који су захтеви за безбедност?
- ✓ *Лак за одржавање*: Колико је важно да буде лак за одржавање? Ко би све требао да буде способан да одржава систем?
- ✓ *Перформансе*: Колико високе перформансе систем мора да има?
- ✓ *Кориснички интерфејс*: Који су захтеви везани за интерфејс са осталим информационим системима? Да ли мора да постоји интернет приступ ка екстерним системима или је размена документа између система сувишна?
- ✓ *Софтверско окружење*: Под којим оперативним системом треба да ради систем за конфигурисање? Да ли је то систем базиран на „web“-у?
- ✓ *Документација*: Који су захтеви за одржавање системске документације? Колико често се документација мора ажурирати? Колико различитих људи ради на томе?

Такође, неопходно је да се размотри који су све ресурси на располагању за развој система:

- ✓ Колико дуго развој може да потраје, највише?
- ✓ Колико би систем могао да кошта?
- ✓ Колико је људске радне снаге на располагању?
- ✓ Које квалификације морају да имају радници на развоју система?

Ово су само неки од фактора које је потребно размотрити када се разрађује спецификација захтева током развојне фазе. Ови захтеви ће детаљније бити разрађени кроз наредно поглавље.

4.1.6 Програмирање (ФАЗА 6)

Предметно-оријетисани модел, са дијаграмом класе, ЦРЦ картицама, описивање корисничког интерфејса, итд., формира базу за програмирање система за конфигурисање.

Предметно-оријентисани модел у принципу може бити програмиран у језику који је предметно-оријетисан, али и у језицима који нису предметно-оријентисани. Грахам наглашава следеће предности употребе предметно-оријентисаног програмског језика [97]:

- ✓ Постаје могуће поновно коришћење раније развијених кодова.
- ✓ Постоји боља могућност за проширење постојећих програма.
- ✓ Подржава добро дефинисане концептуале апарате, који се могу користити за анализу и програмирање. На овај начин постаје могуће да се моделују комплексне везе. Структура је наметнута на задацима анализе, пројектовања и програмирања и коначно, прелаз између индивидуалних фаза је лакши и директнији.

Менаџмент предузећа се често одлучује да имплементира моделе у стандардан систем за конфигурисање. Већина стандардних система за конфигурисање доступних данас на тржишту, су системи базирани на знању, тј. они садрже базу знања и машину за закључивање.

Током фазе програмирања, неопходно је у раним фазама испрограмирати и тестирати најкритичније делове система. Такође, неопходно је и да се изврше и тестови малих делова система како програмирање система напредује. Уколико је део система који се тестира превелик, може се доћи у ситуацију да је тешко пронаћи и предвидети где грешке настају.

Корисници (или одабрани корисници) система за конфигурисање требали би бити укључени у процес тестирања прототипова и критичних делова система за конфигурисање. На овај начин, две ствари су постигнуте:

- ✓ Корисници су информисани у раним фазама о начину на који систем функционише;
- ✓ Корисници имају прилику да у раним фазама програмирања изнесу жељене промене за систем;

на овај начин, време потребно за прављење промена у систему за конфигурисање је смањено, а корисници су задовољнији.

4.1.6.1 Програмирање у непредметно-оријентисаном систему за конфигурисање

Уколико је систем за конфигурисање непредметно-оријентисан, тада структура модела производа који је развијен не може директно бити имплементирана у систем за конфигурисање. Систем за конфигурисање које је непредметно-оријентисан, на пример, не подржава енкапсулацију класа објекта, релације између класа објекта, или наслеђивање података. Уместо тога, атрибути и методе су стављени у „равну“ структуру директоријума.

На основу модела класе, структура директоријума садржи атрибуте (дефинисани као следеће врсте података, „*Boolean*“, „*Identifier*“, „*Integer Real*“, „*String*“, итд.), а

дефинисане су и њихове могуће варијације. На исти начин, одређена структура директоријума је направљена и за методе, која на пример, може бити имплементирана у форми ресурса и прорачуна.

Тренутно постоји одређени број стандардних система за конфигурисање који подржавају употребу табела за приказивање правила унутар система. То чини поступак имплементације лакшим, као и саму комуникацију између менаџера модела, домен експерата и програмера.

4.1.6.2 Програмирање у предметно-оријентисаном систему за конфигурисање

Уколико је систем за конфигурисање предметно-оријентисан, тада је модел класе који је развијен директно имплементиран унутар система. Предметно-оријентисани експертни систем је базиран на принципима предметно-оријентисаног моделовања и то му омогућава бављење са енкапсулацијом класа објекта, наслеђима и везама између класа објекта. Током програмирања једног предметно-оријентисаног система за конфигурисање, структура класе се прво дефинише, након чега се атрибути и методе програмирају заједно за сваку од класу објекта.

Употреба предметно-оријентисаног система за конфигурисање омогућава лакшим да се наметне одређена структура над базом знања, што за узврат чини много лакшим поступак одржавања и даљег развоја система за конфигурисање.

У вези са програмирањем система за конфигурисање, важно је да се константно теситрају индивидуални делови система за конфигурисање. Прво, како би се пронашле грешке што је раније могуће у првим фазама развоја, а као друго, да се тестира да ли је уопште могуће да се имплементирају индивидуални делови система. Изабрана структура класа, објеката, атрибута и метода је од кључног значаја за перформансе система за конфигурисање, на пример у вези са временом одзива. Према томе, често се јавља као неопходно да се исти део система програмира на другачије начине, а потом изабере структура која демонстрира најбоље перформансе на основу спроведених тестова.

Такође је важно да се спроведу тестови система од стране корисника, као и самог корисничког интерфејса система, започињајући их веома рано са првим верзијама система за конфигурисање. Ово се ради делом да би се осигурала улазна информација од стране корисника, а делом да се осигура прихватање од стране будућих корисника.

4.1.7 Имплементација (ФАЗА 7)

У вези са имплементацијом система за конфигурисање, од пресудне је важности да корисници система прихвате систем. У наставку је листа мера које могу да допринесу прихватању система од стране корисника:

- ✓ Осигурати да је систем разумљив и јасан кориснику и да подржава релевантне задатке корисника.

- ✓ Укључити кориснике у раним фазама пројекта, на пример у дискусије око корисничког интерфејса и захтева везаних за систем.
- ✓ Укључити одабране кориснике у тестирање прототипова и раних верзија система за конфигурисање.
- ✓ Мотивисати кориснике, на пример сталним давањем информација везаним за нови систем и комерцијалне предностима које се очекују од истог.
- ✓ Давати свима у организацији информације о пројекту и организационим променама до којих ће довести примена система за конфигурисање.
- ✓ Дати јасан опис о будућој пословној ситуацији корисника система.
- ✓ Обучавати кориснике да користе систем за конфигурисање и будуће процесе спецификације. Важно је да корисници система (који су обично особље продаје) разуме изборе које је направио систем за конфигурисање и да се осећају опуштено у коришћењу система.
- ✓ Представити систем праћења и систем плата или систем попушта, који награђује кориснике који ефикасно користе систем.

Када је реч о имплементацији система за конфигурисање, важно је систем темељно тестиран и да је без грешака, пре него што је пуштен у рад. Ако корисници система за конфигурисање стекну утисак да је систем нестабилан или пун грешака, тада ће убрзано губити поверење у систем.

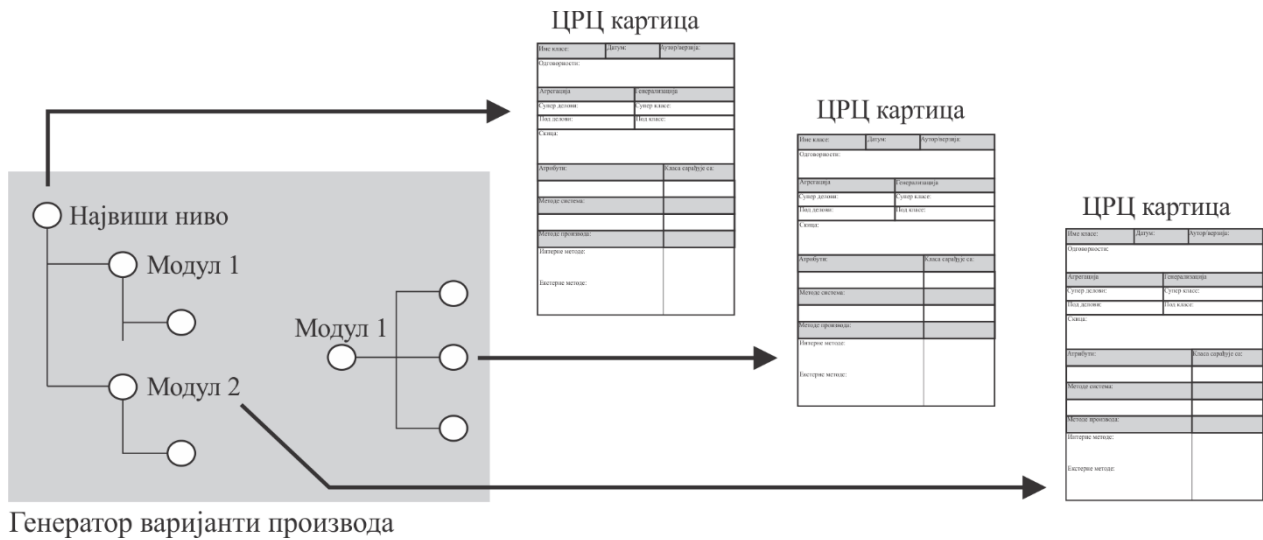
Такође је неопходно да се размотри како да се имплементира систем. Уколико је коришћење система за конфигурисање нешто што је ново за предузеће, тада може да се покаже као добра идеја да се систем имплементира постепено и прво се представи одређеним купцима и особљу продаје. Када су ти запослени и купци стекли одређена искуства везана за систем и постали задовољни истим, тада се круг корисника може постепено проширити. На овај начин се круг „присталица“ који подржавају систем може даље проширивати.

4.1.8 Одржавање и даљи развој (ФАЗА 8)

Систем за конфигурисање је докуметован коришћењем генератора варијанти производа, дијаграмима класе и ЦРЦ картицама. Систем се може даље докуметовати, на пример коришћењем графикона тока, дијаграмима случаја, описима корисничког интерфејса, итд. Срж документације су делови информација који се могу пронаћи у генератору варијанти производа, дијаграму класе и ЦРЦ картицама.

У контексту одржавања система, често је довољно да се искористи или *генератор варијанти производа са припадајућим ЦРЦ картицама* или *дијаграми класе са припадајућим ЦРЦ картицама*. Како генератор варијанти производа и дијаграм класе делом садрже исте информације, руководство предузећа може одабрати да ли жели да користи генератор варијанти производа или дијаграм класе за покретање документације. Ова два прилаза за докуметовање су илистрована у наставку.

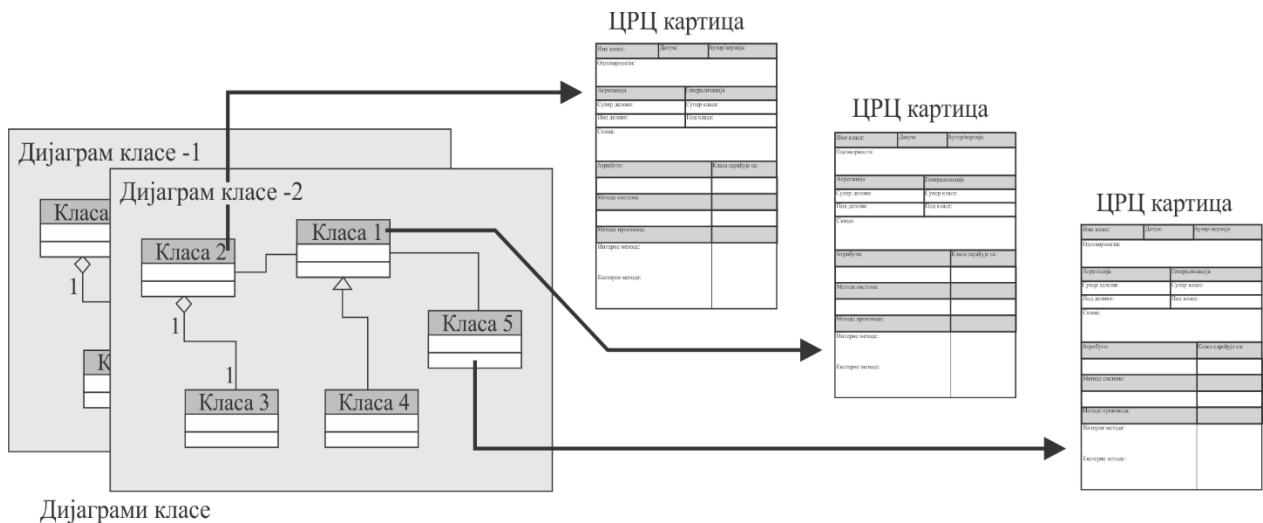
Слика 4.12. илуструје како се генератор варијанти производа са припадајућим ЦРЦ картицама користи за документовање система.



Слика 4.12. – Генератор варијанти производа и ЦРЦ картица као документација [14]

Многе компаније данас користи генератор варијанти производа и ЦРЦ картице за документовање њиховог система за конфигурисање. Компаније се често одлучују да инкорпорирају генератор варијанти производа и ЦРЦ картице кроз разне апликације. Генератор варијанти производа и ЦРЦ картице не инкорпорирају знање о архитектури информационог система, тако да је ово знање документовано одвојено.

Слика 4.13. приказује како се систем за конфигурисање може документовати коришћењем дијаграма класе и ЦРЦ картица.



Слика 4.13. – Дијаграми класе и ЦРЦ картице као документација [14]

Дијаграми класе имају више ригорознији и формалније обележавање него генератор варијанти производа. Што се тиче документације софтвера, добра је идеја да се систем документује коришћењем дијаграма класе и припадајућих ЦРЦ картица. Са друге стране, домен експертима је често лакше да разумеју генератор варијанти производа и његова

бележења су ближа концепту и структурама са којима су домен експерти упознати и која користе у свом свакодневном раду.

Стога, питање је процене да ли користити дијаграм калсе или генератор варијанти производа за документовање. У неким предузећима генератор варијанти производа са припадајућим ЦРЦ картицама домен експерти користе за документовање, док се дијаграми класе и ЦРЦ картице користи особље које развија програм ради документовања софтвера. Према томе, ЦРЦ картице су повезане и са дијаграмом класе, а и са генератором варијанти производа. Такво решење неке компаније бирају када је одабрани систем за конфигурисање у потпуности предметно-оријентисан и притом домен експерти не желе да комуницирају користећи формалне начине обележавања који су у информационим системима.

Након поступка имплементације, систем улази у стварну оперативну фазу. Када су системи за конфигурисање коришћени, знање о производу и могућем животном циклусу система је формализовано и уграђено у информациони систем. Ово резултује серијама промена у смеру на који начин је извршен посао спецификације производа и на пример, производних инструкција.

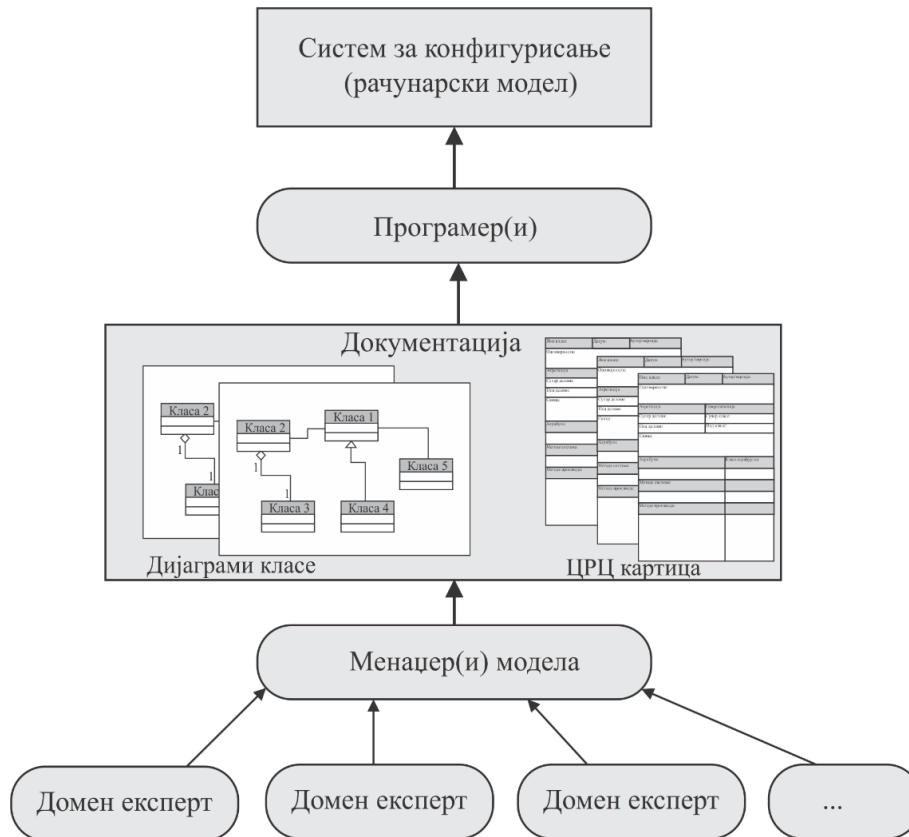
Употреба система за конфигурисање доводи до серије нових задатака који се појављују у организацији, док су многи други нестали. Неки од свакодневних задатака који су укључивали разрађивање спецификација у форми понуда и производних инструкција више не постоје. Са друге стране, особље продаје треба да користи систем за конфигурисање како би извршили задатак продаје.

Као што је раније поменуто, неопходно је да се одржава и даље развија модел који је развијен, као и сам систем за конфигурисање, како би се осигурало да систем за конфигурисање и даље одржава своју валидност. То значи да се серије нових задатака појављују, који су повезани са одржавањем и даљим развојем модела и одговарајућег система за конфигурисање. Ти задаци обично треба да буду извршени од стране особља које поседује неопходна знања везана за производ и релевантну фазу животног века система, као што је рецимо, производња, монтажа или испорука.

Одржавање и даљи развој система, стога укључују одређени број различитих профила људи. Слика 4.14. приказује пример како задатак може бити организован, са једним или два човека (модела менаџери) одговорних за укупан модел и једног или два човека (програмери) одговорних за ажурирање система за конфигурисање и самог програма, укључујући кориснички интерфејс и интеграцију са осталим информационим системима унутар предузећа за које је израђен конфигурактор.

Људи који су одговорни за укупан модел (модел менаџери) даље делегирају задатке одржавања и даљег развоја индивидуалним специјалистима, којима је сваком додељена одговорност за одржавање оног дела модела са којим су најбоље упознати. Другим речима, индивидуалним специјалистима је обично додељена одговорност за одржавање и даљи развој серије класа објекта и њихових припадајућих ЦРЦ картица.

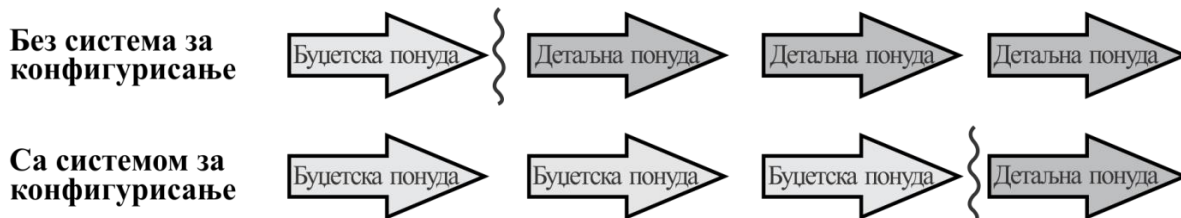
Везано за развој и одржавање модела, од кључног је значаја да се ажурирање модела и система за конфигурисање одвија у исто време. Систем за конфигурисање који није хитро документован постаје тежак или у потпуности немогућ за одржавање и даљи развој.



Слика 4.14. – Улоге у фази рада/одржавања система [14]

4.2 Сценарији за систем конфигурисање над расхладно-термичким уређајима

Будући процес за израду понуда у производном систему је повезан са визијом развоја система за конфигурисање који асистира у изради буџетских понуда. Употребом таквог система за конфигурисање, требало би бити могуће да се и за најсложеније производе буџетска понуда заврши у року од неколико сати до најдуже два дана, која је сада довољно детаљна и ценовно прецизна да може заменити многе детаљне понуде које се данас израђују.

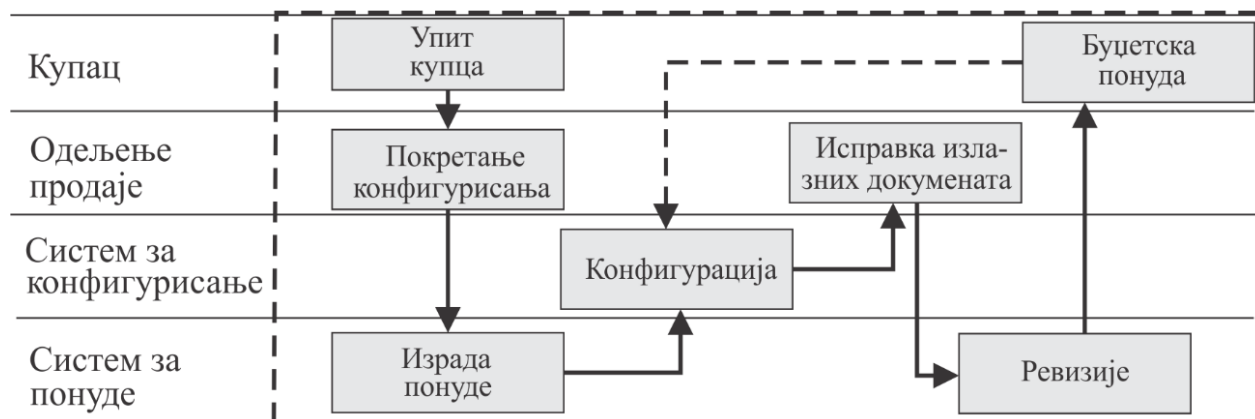


Слика 4.15. – Систем за конфигурисање доводи до мањег броја детаљних понуда

Другим речима, општа визија будућег начина израде понуда у производном систему, представља процес у којем употреба система за конфигурисање омогућује да се

буџетске понуде израђују брже и ефикасније, тако да купац може да прими неколико буџетских понуда, а када се све опште димензије и компоненте уређаја дефинишу, тада купац добија и једну детаљну понуду.

Слика 4.16. илуструје како се систем за конфигурисање користи у процесу израда буџетских понуда. Систем за конфигурисање може бити коришћен од стране особља продаје, који дефинишу све неопходне улазне податке за систем за конфигурисање у сарадњи са купцем, а потом се буџетска понуда штампа и/или шаље електронским путем. Другачији вид приступа овом процесу може бити да група особља продаје и машинских специјалиста, у овом случају за расхладно-термичке уређаје, који на основу упита купца, дефинишу заједно све неопходне улазе у систем за конфигурисање, изведу конфигурисање и одштампају буџетску понуду. Тај документ се потом проверава на тачност информација које носи и ако не постоји грешка, шаље се купцу, уколико купац већ није одељењу продаје и активно учествује у процесу креирања понуде. Купац затим прихвата буџетску понуду или је враћа на дораду (повратни ток означен испрекиданом стрелицом, Слика 4.16.). Након одређеног броја враћања и дораде буџетске понуде, иста се коначно прихвата и иницира израду детаљне понуде.



Слика 4.16. – Израда буџетске понуде помоћу система за конфигурисање

4.2.1 Излаз из система за конфигурисање

Систем за конфигурисање мора бити у стању да израђује буџетске понуде на основу улаза као што су величина уређаја, врста материјала, број неутралних, рахладних и термичких елемената у уређају, жељена температура и услова околине у којима треба уређај да се експлоатише. Излаз система за конфигурисање је буџетска понуда која укључује:

- ✓ Преглед садржаја понуде, тј. њене претпоставке и услови финансирања.
- ✓ Процена цене.
- ✓ Параметри пројекта, на пример, време потребно за испоруку, капацитет уређаја.
- ✓ Димензије уређаја, дужина, висина и ширина.
- ✓ Број расхладних, неутралних и термичких елемената у коначном уређају.

4.2.2 Процес за израду понуда

Три различита сценарија за коришћење система за конфигурисање расхладних и термичких уређаја су описана у наставку.

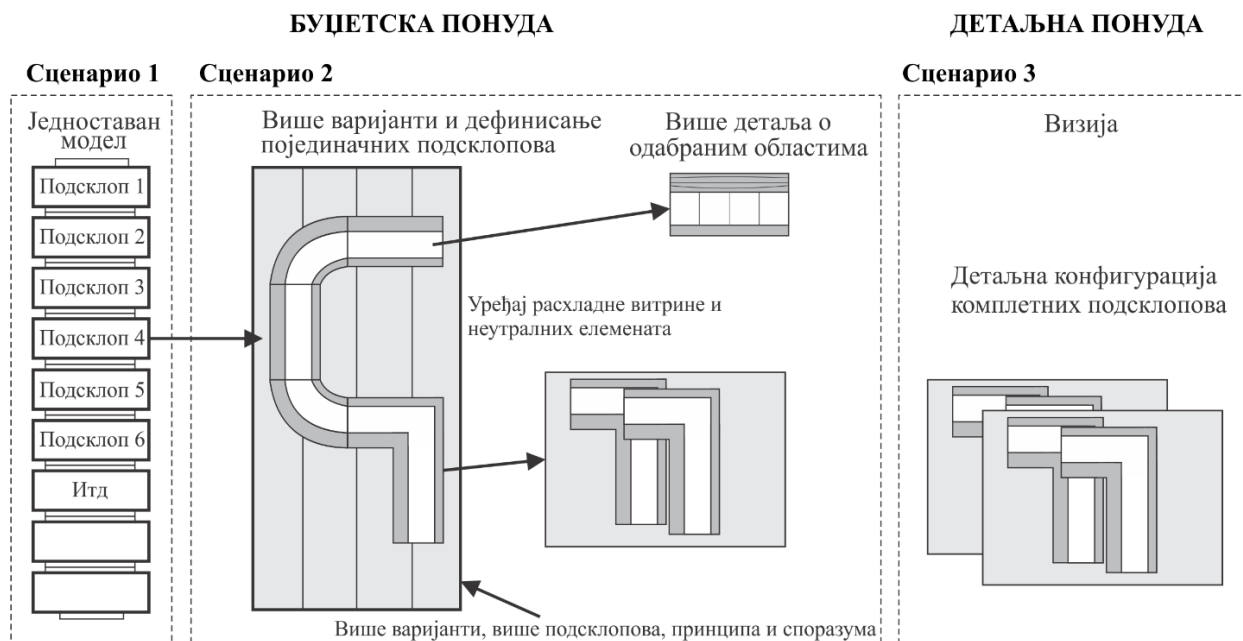
Први сценарио је са системом за конфигурисање који може да изврши димензионисање високог нивоа за комплетан уређај и изради документ са понудом. Систем за конфигурисање мора се бавити уређајима који су погодни једнако за угоститељске објекте и индустријска постројења, а за рад на температура од 20 степени у минуси до 50 степени целзијуса у плусу. Такође, само они подсклопови уређаја који су најчешће уграђују и траже за уређаје од стране купаца су укључени у систем за конфигурисање. Својства животног циклуса, као што су производња уређаја, његово функционисање и одржавање нису укључени у систем за конфигурисање.

Други сценарио је више овиман и укључује више варијанти, као што су неутрални елементи, термички елементи, подешавање више зона са различитим температура унутар једног уређаја, као и рад самог уређаја у условима где је температура у распону од минус 20 до плус 50 степени целзијуса. Систем за конфигурисање мора да узме у обзир капацитет уређаја, да ли је агрегат у уређају или је ван објекта у којем се налази уређај. Такође, да укључује цене и тежину уређаја, јер купац некад жели да се уграде делови или подсклопови које је сам купио од других снабдевача. У погледу својства животног циклуса, систем за конфигурисање у другом сценарију треба да узима у обзир прорачун стандардних трошкова експлоатације уређаја, потрошњу енергије и цене редовних сервиса система за расхлађивање и/или загревање, уколико уређај поседује такве елементе.

Први сценарио укључује конфигурисање комплетног уређаја, али како је већ наведено, коришћењем само подсклопови који се најчешће траже од стране купаца. У другом сценарију, потребно је омогућити да се могу конфигурирати подсклопови уређаја, као што су подсклоп за касу, расхладни подсклоп, термички подсклоп, итд. За те подсклопове за које је омогућено да се конфигуришу одвојено, ниво детаља о деловим треба да је висок, како би се могла израчунати тачна цена за такве индивидуалне подсклопове.

Сценарио три подразумева конфигурисање како комплетног уређаја, тако и свих индивидуалних подсклопова уређаја. Додатно, предвиђени су специјални системи за конфигурисање који су прилагођени да одговарају за пет највећих купаца. У трећем сценарију, требало би бити могуће да се добије листа подсклопова и делова од којих се састоји уређај, што би представљало основу за израду детаљне понуде. Модел комплетног уређаја израђен је комбиновањем подсклопова и делова, као комплетан 3Д модел, тако да купац може да се поведе у виртуелну шетњу око уређаја и погледа његову унутрашњост. Ово значајно побољшава купчеву способност да стекне општи увид у уређај који жели да купи и ово чини јасним последице избора различитих подсклопова и делова направљених у систему за конфигурисање.

Слика 4.17. илуструје три сценарија за коришћење система за конфигурисање расхладних и термичких уређаја. Ова три сценарија описују развој система за конфигурисање у времену. Сценарио 1 је систем за конфигурисање планиран за имплементацију у 2016 години, сценарио 2 је систем за конфигурисање планиран за имплементацију 2020 године, док сценарио 3 описује циљ за развој система за конфигурисање у периоду до 2024 године.



Слика 4.17. – Три сценарија за употребу система за конфигурисање расхладних и термичких уређаја

4.2.3 Дефинисање система за конфигурисање

У систему за конфигурисање, главни фокус је на комплексним подсклоповима, чијим се различитим комбинацијама долази до уређаја који може да задовољни специфичне захтеве купаца, а притом и диктирају цену уређаја.

У циљу димензионисања једног расхладно-термичког уређаја, почиње се од опште листе захтева за једним оваквим уређајем изражене у смислу листе циљева који се желе постићи оваквим уређајем, што укључује опис захтева и погледу капацитета уређаја, производа за који ће се користити, жељених температура, позиције агрегата, броја врата и облика самог уређаја. На основу опште листе захтева бирају се одговарајућа решења за сваки од подсклопова будућег уређаја. Као на пример, бира се да ли ће на расхладном подсклопу уређаја стакло да се отвара на горе, на доле или ће бити стално отворени стаклени део. Везано за изабрано решење, прави се дијаграм респореда, који показује како су подсклопови уређаја позиционирани један у односу на други.

Када је начело решења изабрано, тада се бирају комплексни подсклопови од којих ће се уређај састојати и врши се њихово димензионисање. Основни подсклопови уређаја сачињени су у тзв. листи подсклопова, што представља листу подсклопова поређаних према њиховој дужини. Подсклопови који се налазе на овој листи, нису сви раније коришћени код Фрико Жике, тако да, када се бира подсклоп уређаја из листе подсклопова, треба размотрити да ли су доступни цртежи и одређена искуства везана за коришћење изабраног конкретног подсклопа. Табела 4.2. илуструје општи садржај и структуру система за конфигурисање који се користе како би се припремила буџетска понуда за купца. Такође, приказане су и врсте занања које су укључене у три раније поменута сценарија.

Табела 4.2. – Опис општег садржаја и структуре система за конфигурисање

Модел уређаја (изведене карактеристике)		Модел структуре производа			Модел кроз фазе животног циклуса			
		Функционална својства	Начела решења	Модел дела	Модел процеса	Модел монтаже	Инсталација и пуштање у рад	Одржавање након продаје
Општи ниво	Интерна и екстерна својства	Описати другу својства конфигурисаног уређаја	Описати начела решења	Описати главне подсклопове уређаја који се израђују	детаљан опис индивидуалних производних процеса и опреме за производњу	Описати монтажу уређаја	Описати услуге везане за инсталацију и пуштање у рад уређаја	Описати услуге производног система везане за одржавање продатих уређаја
	Описати функцију конфигурисаног уређаја	Описати начела решења	Описати главне подсклопове уређаја који се израђују	описују индивидуалне производне процесе	Правила за избор опреме за монтажу и израчунавање времена монтаже	Правила за избор услуга инсталације и пуштања у рад уређаја израђених у производном систему	Правила за избор резервних делова	
Ниво случаја	Табела са ценама, тежинама, врстама материјала и табеле са подсклоповима који су раније конструисани и произведени	Табеле са дужинама, капацитетом и различитим изведбама подсклопова и табела главних подсклопова	Опис начела решења	Листе подсклопова	Дијаграм распореда подсклопова, опис процеса, опис алата, ЦНЦ код, итд.	Инструкције за монтажу, листа алата и прибора за потребних за монтажу, време монтаже	Табела са ценама и спецификацијама за резервне делове	
	Табела са ценама, тежинама, врстама материјала и табеле са подсклоповима који су раније конструисани и произведени	Опис начела решења	Листе подсклопова	Дијаграм распореда подсклопова, опис процеса, опис алата, ЦНЦ код, итд.	Инструкције за монтажу, листа алата и прибора за потребних за монтажу, време монтаже	Табела са ценама и спецификацијама за резервне делове		

Сценарио 3

Сценарио 2

Сценарио 1

Општа листа захтева и дијаграм распоред описују функционалне захтеве за уређај, док се решења, у принципу, могу узети у обзир као функционални елементи који описују различите начине да се постигне жељена функција. Опис подсклопова, наручених у листи захтева, може се узети у обзир као опис саставних делова конкретног уређаја, тј. саставница уређаја.

Сем делова, начелна решења (функционалне јединице) и функције, приказан оквир система за конфигурисање расхладних и термичких уређаја, укључује и карактеристике везане за цену и тежину. Међу овим карактеристикама налази се и информација да ли је неки од подсклопова које купац разматра, раније детаљно конструисан, произведен и испоручен, из разлога што то има значајан утицај како на цену производа, тако и на време потребно да се испоручи.

Систем за конфигурисање је у првом сценарију фокусиран на актуелне комплексне делове, подсклопове и функције. У вези са сценариом два и три, укључено је и знање које описује процес израде уређаја, монтажу, инсталирање и пуштање у рад, функционисање уређаја и коначно одржавање. Другим речима, у сценариу два узима се у обзир и цена процеса израде и монтаже, док сценарио три укључује и информације везане за инсталацију, пуштање у рад уређаја, функционисање и одржавање уређаја, заједно са продајом резервних и заменских делова. Цена производње укључена је сценарију два, јер је она неопходна у контексту израде буџетске понуде, како би се проценили трошкови израде уређаја.

5 ЕМПИРИЈСКА ПРОВЕРА АЛГОРИТМА ЗА ОБЛИКОВАЊЕ КОНФИГУРАТОРА СЛОЖЕНИХ ПРОИЗВОДА

У наставку је приказана примена израђеног алгоритма за развој конфигуратора сложених производа у реалним условима на примеру производње расхладно-термичких уређаја (у даљем тексту **производни систем**). Поступак провере прати развијени алгоритам приказан у претходном поглављу, придржавајући се првог сценарија за развој система за конфигурисање сложених производа.

Производни систем снабдева расхладним и неутралним уређајима трговинске ланце, млекаре, угоститељске и трговачке објекте, винарије, кланичну индустрију и многе друге компаније и предузетнике чија делатност изискује такве врсте уређаје. Слика 5.1. приказује неке од производа који се налазе и асортиману производног система.



Слика 5.1. – Део производног програма предузећа

Производни систем производи преко сто различитих типова уређаја, где се неретко уређаји израђују у преко од седамдесет варијанти, организовано је у више радних јединица. То су засебне радне јединице за израду: лимених делова, делова од флаха, испаривача, стаклених и дрвених делова, расхладног механизма витрине и радне јединице за монтажу.

Купци су веома разнолики. Они могу бити предузетници који су власници трговинских или угоститељских објеката где за потребе својих објеката желе неколико метара стандардног уређаја или пак специјално конструисану расхладну витрину. Такође, велики трговински ланци и угоститељски објекти неретко наручују десетине метара стандардних витрина са подршком одговарајуће количине неутралних и термичких елеманата на којим се обрађују производи за које су витрине намењене. Најважнији захтеви купаца могу се сумирати као:

- ✓ Цена и услови плаћања.

- ✓ Време испоруке. Кратко време испоруке смањује ризик да се због квара на уређајима у дужем временском периоду не може понудити потенцијалним купцима довољно широк асортиман производа. Такође, потенцијални купци немају увид колико је времена потребно за израду одређеног производа и често долазе са роковима који су тешки за постићи.
- ✓ Оперативни трошкови. Купцима је важно колика је потрошња енергије, колики је гарантни рок за уређај, у којем временско року реагују сервисне службе када дође до квара на уређају и колико су трошкови сервиса након истека гарантног рока.

5.1 Фаза 1: Анализа процеса спецификације и производног програма

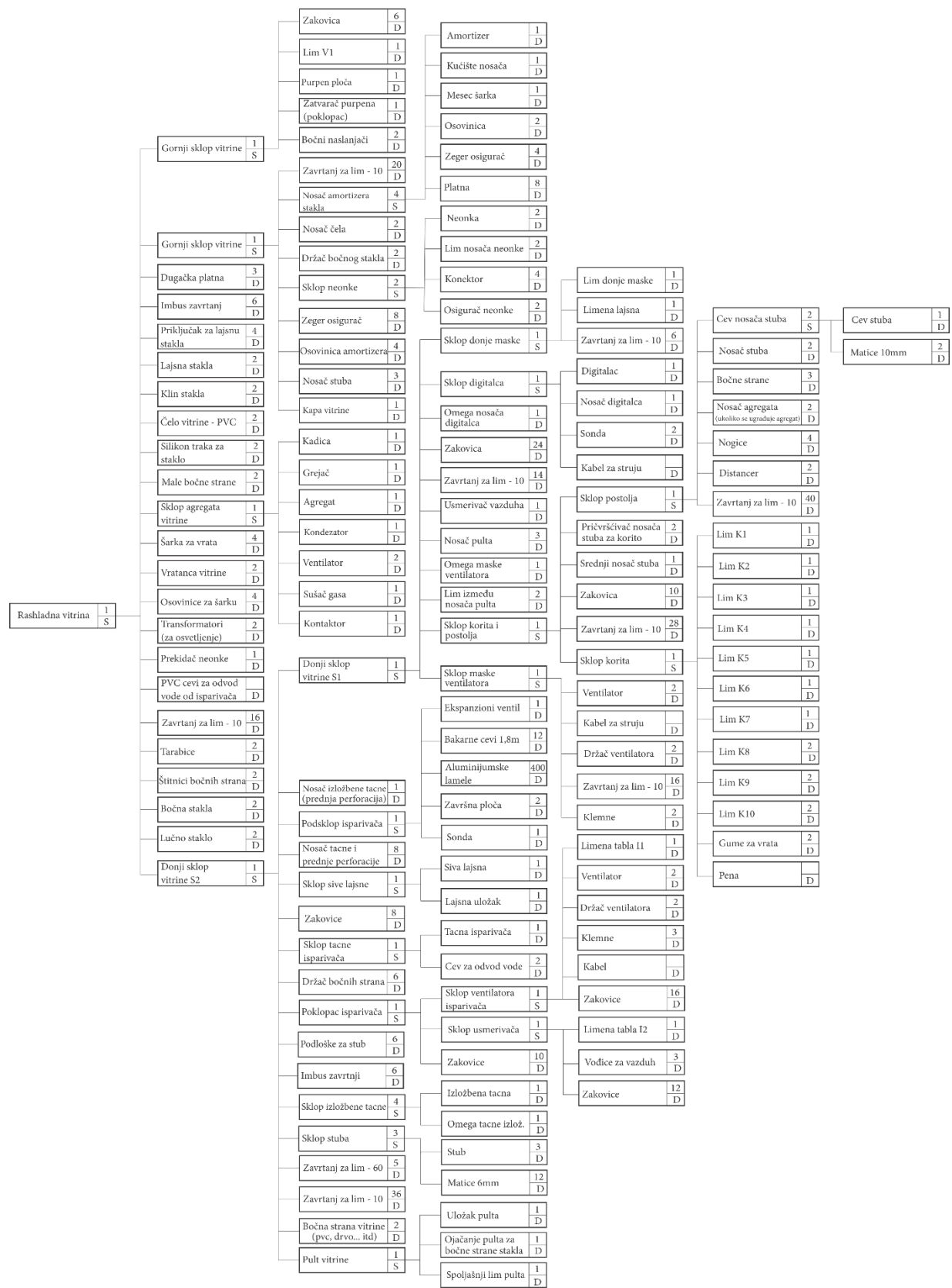
Први корак у пројекту развоја система за конфигурисање јесте да се анализира производни програм предузећа, и направи структура буџетске и детаљне понуде на основу идентификованих процеса спецификације унутар производног система. Израда понуда за клијенте, као део процеса продаје, од великог је значаја за компанију. Разлог за то је пронађен у чињеници да се током процеса израде понуде и порођаје компанија сусреће са купцима и креирају се пројекти – јер без продаје, нема ни производа. Такође, током процеса продаје и израде понуде сви најважнији параметри за производе (расхладне, термичке и неутралне уређаја) су дефинисани. Најважније одлуке везане за производ, потребно је донети у раним фазама пројекта развоја система за конфигурисање, тј. у првој фази алгорита за развој система за конфигурисање.

5.1.1 Анализа производа – уређаја

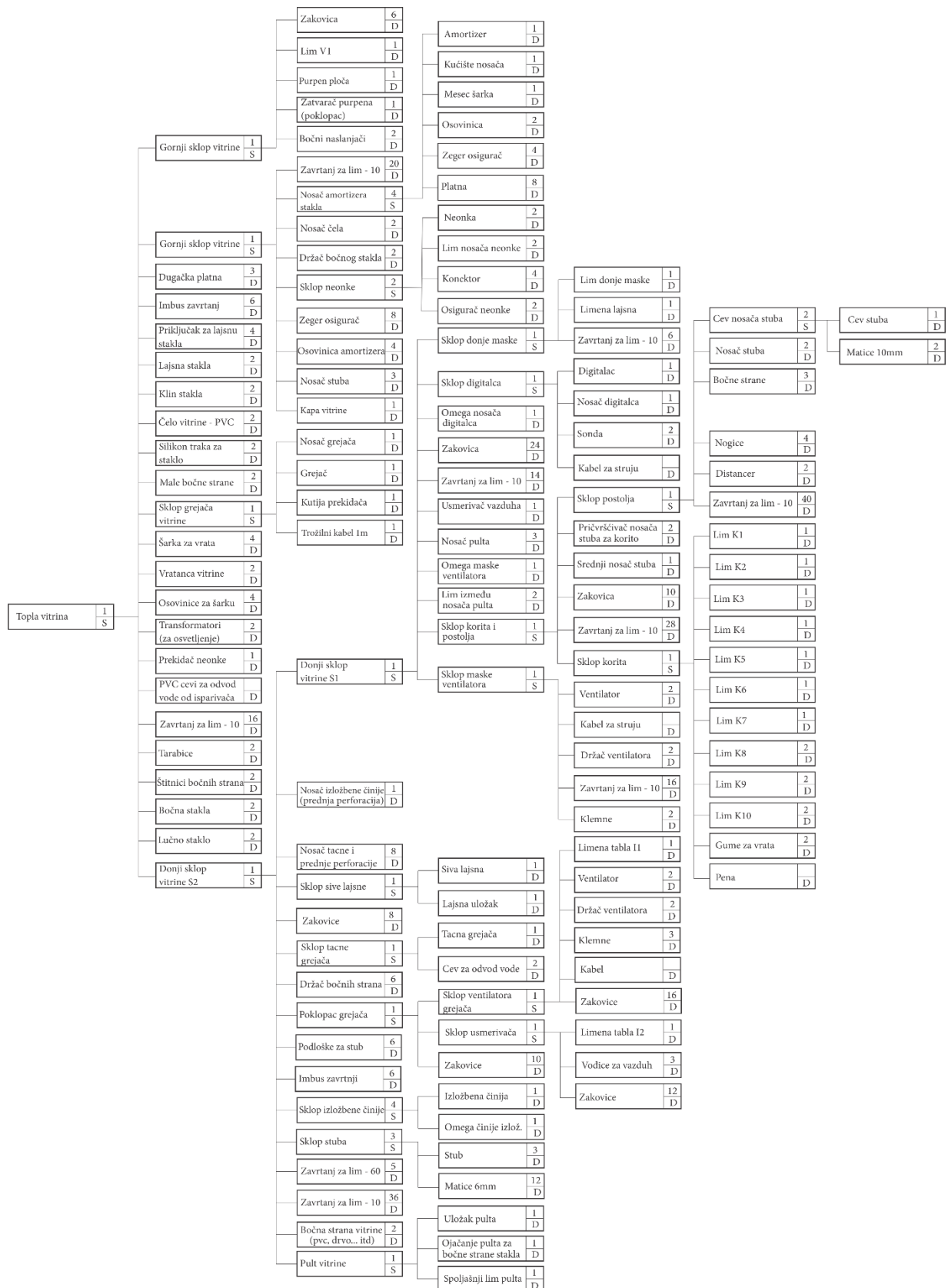
Расхладно-термички уређаји се састоје од три типа подсклопова:

- ✓ Расхладних подсклопова – који служе за расхлађивање и одржавање ниске температуре намирница и хране који се држе у њима (хоризонталне и вертикалне расхладне витрине, сладолед витрине, расхладни ормани, расхладне коморе, хладни столови, пица столови, замрзивачи, итд.)
- ✓ Топлих подсклопова – чија је сврха да припремљена храна задржи топлоту припреме (толе витрине, пекарске витрине, пећнице, пица пећи, грилови, палачинкаре, роштиљи, хаубе, итд.)
- ✓ Неутралних подсклопова – који не нуде опцију хлађења или загревања (неутрални столови, радни столови, каса, кухинјски елементи, ормани, судопере, санитарни умиваоник, пањ за месо, ремови, итд.)

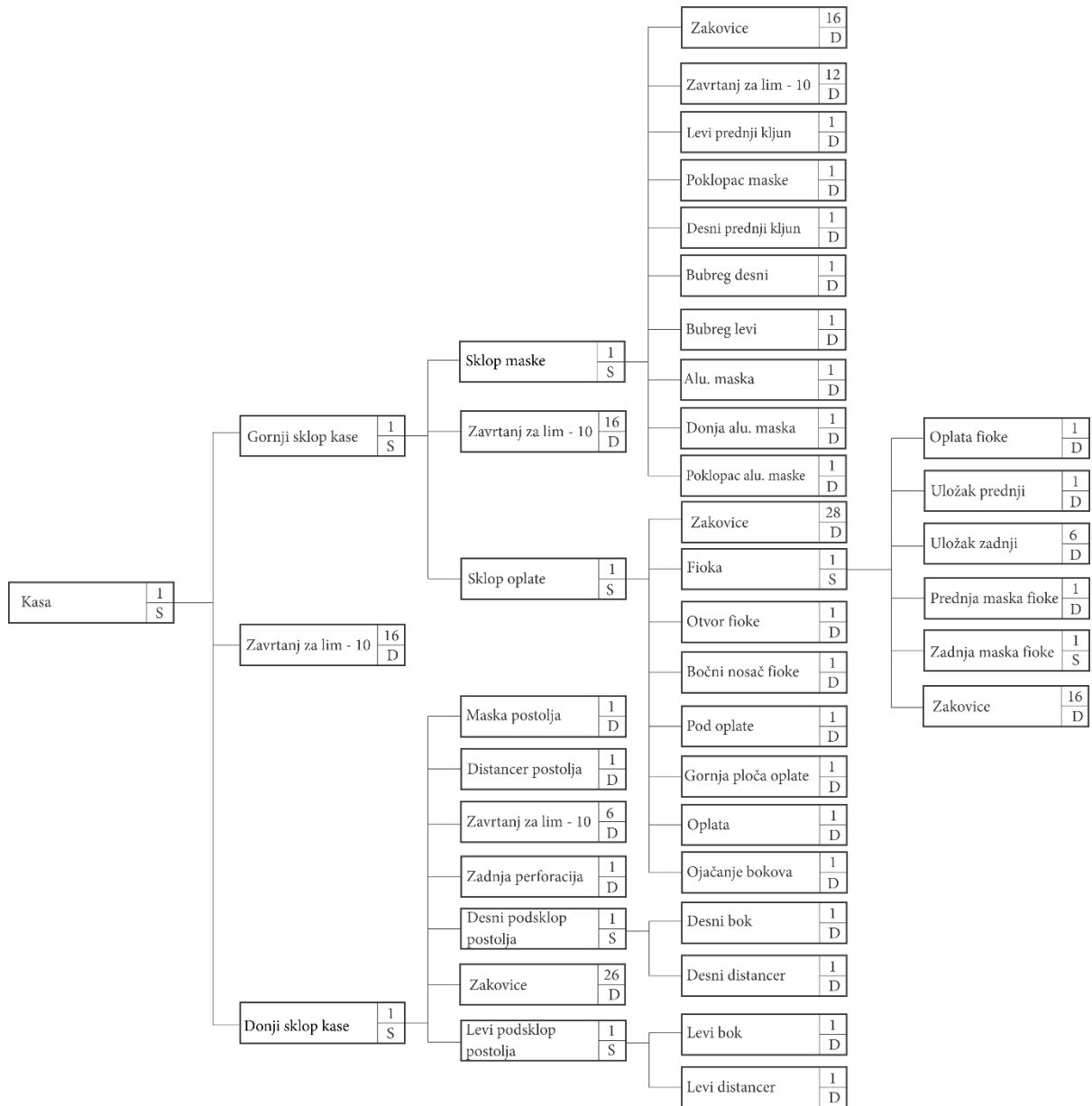
У складу са првим сценариом, у којем се имплементира систем за конфигурисање на нивоу подсклопова, анализирани су само најчешће употребљавани расхладно-термички подсклопови. Реч је о линијама за послуживање и самопослуживање у пекарама, ресторанима брзе хране, кантинама малих и средњих предузећа. У наставку су приказане саставнице расхладног подсклопа (Слика 5.2.), топлог подсклопа (Слика 5.3.) и неутралног подсклопа – каса (Слика 5.4.), за најчешће наручиване уређаје од стране купаца.



Слика 5.2. – Саставница расхладног подскопа (расхладна витрина)



Слика 5.3. – Саставница топлог подсклопа (топла витрина)



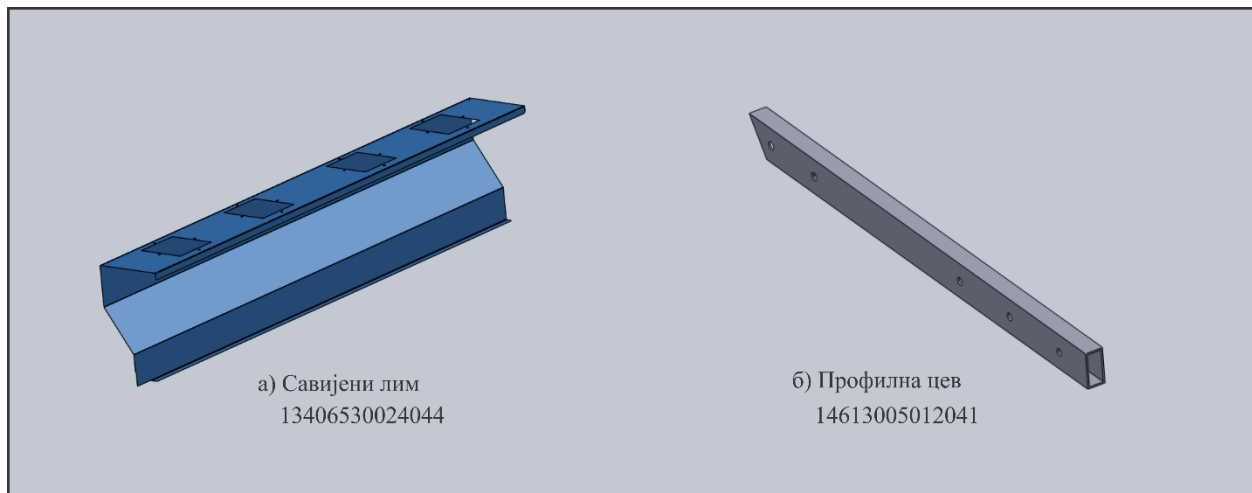
Слика 5.4. – Саставница неутралног подсклопа (каса)

5.2 Фаза 2: Класификација делова

Друга фаза у алгоритму за развој конфигурагора сложених производа применом поступка груписања представља класификација делова. Она је заправо припрема за наредну фазу у развоју система за конфигурисање, а обавља се са циљем формирања група сличних делова.

Сортирањем свих делова који се израђују у предузећу за израду расхладно-термичких уређаја, дошло се до закључка да се сви делови могу разврстати у две групе: лимове и профиле. Као сировина у предузеће долазе лимови и профили, а до жељеног

стања се доводе обрадом резањем, тако да је за њихово груписање коришћен класификациони систем КС-ИИС-08 [46], који је развијен за потребе производних система геометријски обликованих производа. На слици 5.5. приказан је по један део типа лим и типа профил, са својим класификационим бројем.



Слика 5.5. – Класификовани лимени део а) и профилна цев б)

Класификациони број лименог дела је – 13406530024044. Редом, 1 означава да је реч о предмету рада, 3 да је део добијен деформисањем, 4 да је лим пресован у хладном стању, 0 да је дебљина лима мања од 1мм, 6 да је основна димензија између 1000 и 1500 милиметара, 5 да су спољашње контуре неправилне са правим и кружним унутрашњим контурама, 3 да је у питању угаоно вишестепено савијање, 0 да нема површина добијених извлачењем, 0 да нема специјалних површина, 2 да је врста материјала легирани челик, 4 да је полуфабрикат лим, 0 да није мењана структура материјала, 4 да је квалитет обраде површина Н9 и 4 да је предмет рада никлован.

Класификациони број профилне цеви је – 14613005012041. Редом, 1 означава да је то предмет рада, 4 да је предмет рада израђен резањем, 6 да је реч о профили, 1 да је профил између 30 и 50 милиметара, 3 да је дужина дела између 500 и 800 милиметара, 0 да је сечен по једном правцу, 0 да је добије без савијања, 5 да постоји више паралелних отвора, 0 да нема посебних површина добијених деформисањем, 1 да је то угљенични челик, 2 да је у питању цев, 0 да није мењана структура материјала, 4 да је квалитет обрађених површина Н9 и 1 да је бојено ради површинске заштите.

По завршеној класификацији делова који се израђују за рахладно-термички уређаје, добијене су групе сличних делова, које се потом користе како би се дефинисали комплексни подсклопови. Заменом одређеног дела (позиције) из расхладно-термичког уређаја, са другим делом који припада истој групи делова (добијене класификацијом) долази се до нове варијанте расхладно-термичког подскопа. Затим се исти део замењује неким новим трећим делом из исте групе делова како би се добила трећа варијанте подскопа. Исто се чини и са осталим позицијама у расхладно-термичком уређају, док су изузетак делови који су јединствени по својим карактеристикама и не припадају ни једној од група сличних делова и самим тим не постоји адекватан део са којим би се могли заменити. Слагањем више различитих варијанти подскопова долази се до комплексног подскопа који ће се потом користити у процесу конфигурирања како би продаја и

потенцијали купац имали увид у све варијанте подсклопова (топли, расхладни и неутрални подсклопови) и одабрали само ону варијанту подсклопа која највише одговара захтевима купца и дефинисали подсклопове производа.

5.3 Фаза 3: Дефинисање комплексних подсклопова и производа

5.3.1 Комплексни подсклопови

Када су групе сличних делова формиране, наредна фаза представља поступак одређивња варијантности сваке од индивидуалних позиција у подсклоповима уређаја, како би се дефинисали комплексни подсклопови, а затим на основу тако дефинисаних подсклопова и комплексни производи.

Приликом анализе топле витрине 1200 С, која је узета у разматрање као један од подсклопова који клијенти најчешће наручују, а све у складу са првим сценариом имплементације система за конфигурисање, уочено је 76 потенцијалних варијанти посматране топле витрине. Анализом свих досадашњих варијанти овог топлог подсклопа унутар производног система, константовано је да се свега неколико варијанти разликује по облику делова (што је кључно за процес дефинисања комплексног подсклопа), а да је заправо у већини варијанти разлика само у димензијама и броју истих делова. Како димензије нису кључне у процесу дефинисања комплексног подсклопа, него само различити облици делова, број различитих варијанти топлог подсклопа унутар производног система се свео на не више од десет према типу комплексног подсклопа.

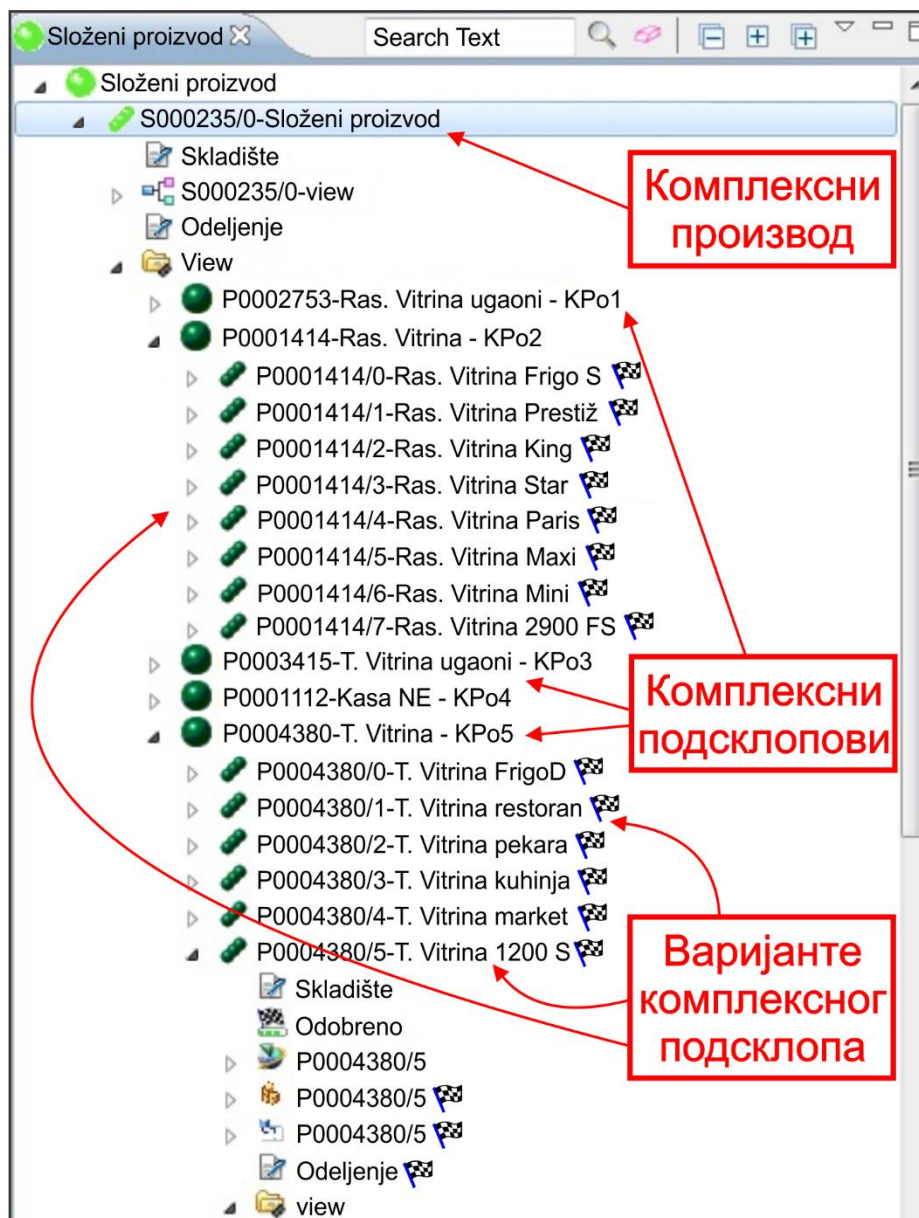
С обзиром да први сценарио не укључује анализу свих подсклопова расхладно-термичких уређаја који се производе у предузећу, поменути број потенцијалних варијанти ће се додатно увећати током имплементације другог и трећег сценарија за развој система за конфигурисање. Први сценарио развоја конфигуратора сложених производа укључује само подсклопове који се најшеће захтевају од стране купаца, а то је топла витрина из групе топлих подсклопова, расхладна витрина из групе хладних подсклопова и каса из групе неутралних подсклопова. Уколико први сценарио развоја конфигуратора сложених производа добије подршку менаџмента, буде прихваћен од стране корисника (запослених у продаји и потенцијалних купаца) и успешно се имплементира, тада се стварају услови за имплементацију другог и трећег сценарија и анализу свих подсклопова унутар производног система како би били имплементирани у свеобухватни систем за конфигурисање.

Комплексни подсклоп топле витрине је онај подсклоп из којег се могу видети све потенцијалне варијанте тог типа подсклопа, како би купац могао да једноставним избором елиминира све оне делове које не жели у свом уређају и остави само ону варијанту подсклопа која најбоље задовољава жељене функционалне захтеве.

Уколико се производни систем упусти у имплементацију и осталих сценарија, тада у игру улазе и сви остали типови топлих, расхладних и неутралних подсклопова. Како би груписање донело додатни ефекат и на време потребно да се изради детаљна понуда за купца, у условима великог броја различитих сложених подсклопова, потребно је да се изврши и класификација комплексних подсклопова, а за тај поступак може се користити

класификациони систем ИАМА [98]. На тај начин добијају се групе сличних комплексних подсклопова и прелази се на анализу које групе подсклопова има смисла комбиновати и које купци најчешће комбинују како би добили жељени расхладно-термички уређај. У условима већег броја комплексних подсклопова има смисла формирати неколико комплексних производа, како би се скратило време процеса конфигурисања жељеног уређаја.

На слици 5.6. приказана је структура комплексног производа (за расхладно-термичке уређаје у ресторанима брзе хране – С000235/0 сложени производ), заједно са припадајућим комплексним подсклоповима (пет комплексним подсклопова од КПо1 до КПо5).



Слика 5.6. – Комплексни производ са припадајућим комплексним подсклоповима

Избором одређеног комплексног подскопа, визуализује се тип комплексног подскопа и једноставним скидањем вишка подскопа долази се до жељене варијанте подскопа. Иста активност се понавља кроз све комплексне подскопове за које се жели да се садрже у коначном сложенем производу. Када су сви подскопови одабрани, њихов број и међусобна веза, тада је и сложени производ коначно дефинисан.

5.3.2 Генератор варијанти производа

Слика 5.7. приказује мали део генератора варијанти производа, који се односи на комплексне подскопове. Овај део генератора варијанти производа приказује карактеристике комплексних подскопова и услове рада.



Слика 5.7. – Део генератора варијанти производа

Генератор варијанти производа се користи како би се наставило са детаљним описом индивидуалних делова система за конфигурирање. Он је разграничен и структуриран у складу са општом структуром и садржајом система за конфигурање, дато у Табели 4.2. Структура генератора варијанти производа је следећа:

- ✓ Општи функционални захтеви, карактеристике и остала својства расхладно-термичких уређаја.

- ✓ Опис сваког од комплексних подсклопова расхладно-термичког уређаја са нагласком на капацитет, услове рада и везу са осталим подсклоповима и услове за њихов избор.
- ✓ Ток ваздуха. Карактеристике решења тока ваздуха кроз индивидуалне делове комплексног подсклопа.
- ✓ Ток енергије. Карактеристике тока електричне енергије, са нагласком на капацитет и услове рада.
- ✓ Својства животног циклуса, укључујући текуће трошкове заједно са резервним деловима и заменом дотрајалих делова.

Идеја структурирања генератора варијанти производа, а самим тим и система за конфигурисање према комплексном подсклопу и комплексном производу настаје у вези са конструкцијом генератора варијанти производа. Такав начин организације генератора варијанти производа је договорен након анализа који захтеви купаца су важни у вези са системом за конфигурисање и која интерна структура би била најприкладнија за генератор варијанти производа и систем за конфигурисање.

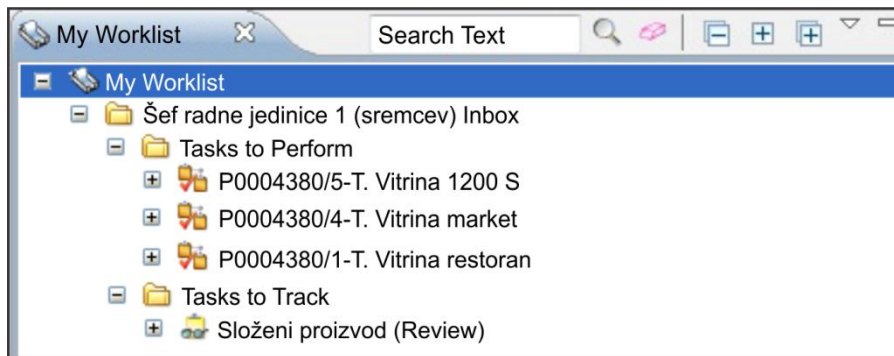
Генератор варијанти производа доприноси изради општег погледа, како на дизајн комплексног подсклопа и производа, тако и на дизајн самог система за конфигурисање. Такође, генератор варијанти производа је стартна тачка у поступку израде структуре модела класе у петој фази алгорита, која укључује детаљну анализу и конструкцију предметно-оријентисаног модела (ПОМ).

5.4 Фаза 4: Дефинисање „cloud“ мреже

Задатак четврте фазе у алгоритму за развој конфигуратора сложених производа применом поступка груписања је да се успостави веза између система за конфигурисање и радних јединица у производном систему и дефинишу улоге унутар мреже комуникације.

Првим сценариом за имплементацију система за конфигурисање обухваћени су само подсклопови и уређаји који се најчешће захтевају од стране купца. Тако да се и разматрају само оне радне јединице које учествују и изради и монтажи делова за те подсклопове и уређаје. У „cloud“ мрежи система за конфигурисање, у производним системима где је имплементиран само први сценарио, налазе се само менаџер производа и шефови радних јединица које су задужене за израду и монтажу производа. Менаџер производа одобрава радни налог са свог таблет уређаја на којем је „cloud“ модул система за конфигурисање и задаци стижу до таблет уређаја са „cloud“ модулом шефа радне јединице. Шеф радне јединице у свом „cloud“ модулу може да види које је задатке добила његова радна јединица да изврши, а такође има увид и у задатке за које је задужен да их надзире (Слика 5.8).

На слици 5.8., види се да је шеф радне јединице добио задатак да се изврши монтажа три подсклопа расхладно-термичког уређаја, а да такође има задатак да прати у којој је фази комплетан сложени производ, где може да види у којој су фази остали подсклопови који нису задатак радне јединице којом он управља.



Слика 5.8. – Исечак из „cloud“ модула шефа радне јединице

У случају да се први сценарио система за конфигурисање успешно имплементира у производни систем и постане опште прихваћен како од управе, тако и од радника и купаца чији је задатак да га експлоатишу, створени су сви услови да се може кренути у имплементацију и остала два сценарија.

Током другог и трећег сценарија план је да се купац у значајно већој мери укључи у процес дефинисања комплексних подсклопова и производа, па чак и да предлаже нове делове, подсклопове. У том случају идеја је да се оде и корак даље када је реч о „cloud“ модулу система за конфигурисање, тј. да се сваком радном месту омогући приступ „cloud“ модулу, као и предузећима кооперантима. Шеф радне јединице би и даље добијао задатке од менаџера производа, али он би их потом путем мреже делио са својим радницима унутар радне јединице, као и са радницима осталих радних јединица које могу да учествују у изради дела. Радник када види задатак, могао би да исти прихвати или не, а само шеф радне јединице би одлучио којем раднику би дао одобрење да започене извршење задатка на који се пријавио, а све у складу са хитношћу посла и компетентности радног места са којег је задатак прихваћен. На тај начин би се имао увид у то које је радно место произвело део, колико је то трајало, елиминисало свако избегавање одговорности и скратило време за извршење поруџбине, јер би се задатак одобравао само оном радном месту које је најкомпетентније од свих пријављених за лансирани задатак.

5.5 Фаза 5: Предметно-оријентисано моделовање и пројектовање

Наредна фаза укључује развој предметно-оријентисаног модела класе базираног на структури генератора варијанти производа. Индивидуална чворишта у генератору варијанти производа су моделована као класе објекта у дијаграму класе, где чвориште оправдава израду посебне класе објекта. Уколико не постоје методе под чвориштем, тада се чвор израђује као атрибут над класом објекта. Исто се може учинити уколико чвор садржи свега неколико једноставних метода. У том случају, чвор је израђен делом над класом објекта, као и атрибути и једноставне методе које су израђене као атрибути и методе над класом објекта.

Систем за конфигурисање није само интегрисан са корисничким интерфејсом, него и са софтвером *Microsoft Visio*, у којем се црта дијаграм процеса. Систем за конфигурисање је такође интегрисан са софтвером *Microsoft Word*, у којем се израђују писане понуде за купце. Такође, систем за конфигурисање је интегрисан и са базом

података у којој се налазе цртежи делова, подсклопова и производа, конструктивна и технолошка документација о деловима, као и информације о капацитету, тежини и цени индивидуалних подсклопова расхладно-термичких уређаја.

Слика 5.9. приказује део дијаграма класе за ниво производње и ниво улога. Овај модел класе укључује како одређени број „дела о структури“ (на пример расхладна витрина која се састоји од постоља, стакла, корита, итд.), тако и „врсте структуре“ чега је пример корито, које може бити у три различита типа, као што је корито са вуном, са пеном и без изолације.

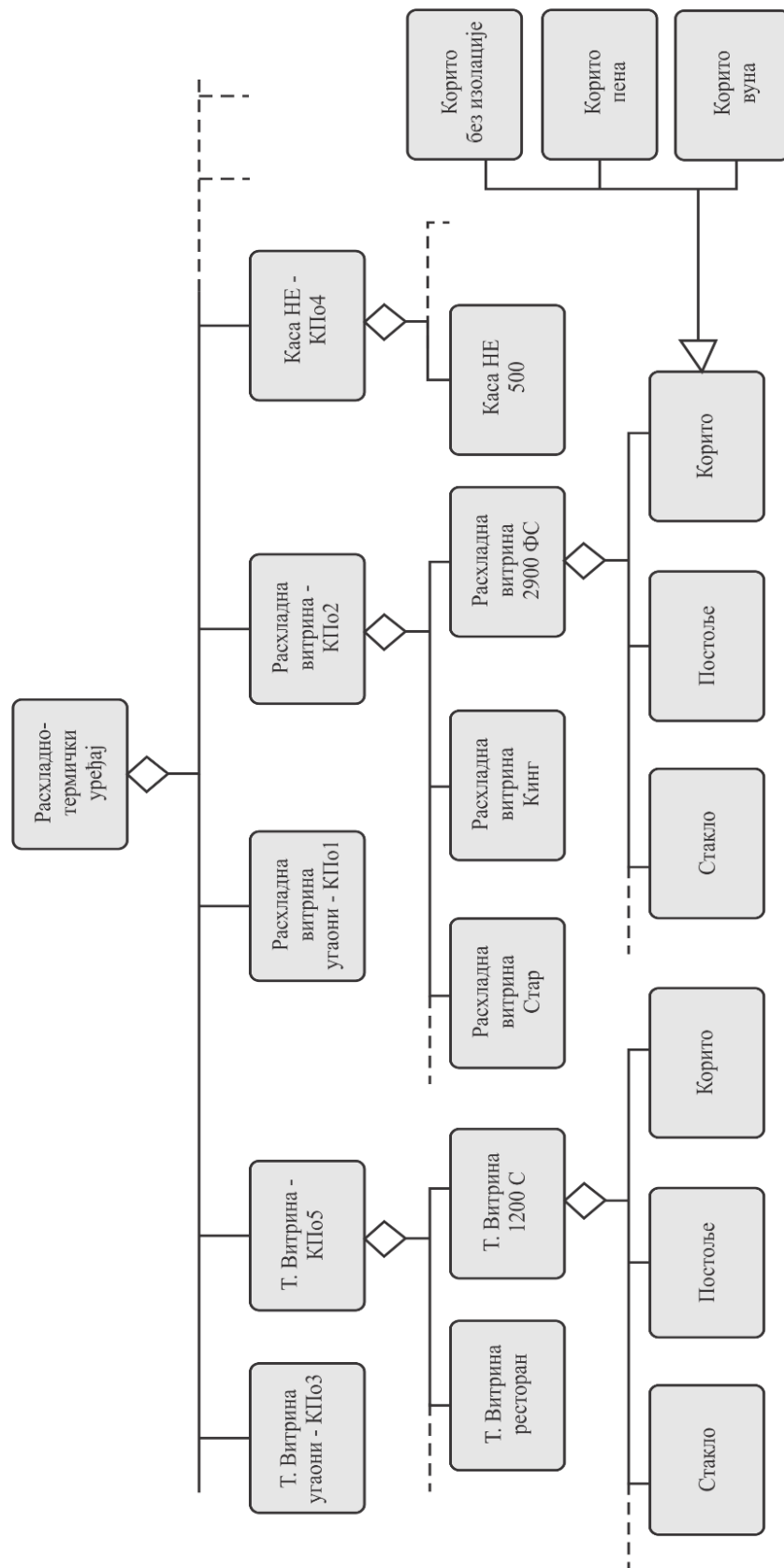
На слици 5.10. приказан је пример ЦРЦ картице за класу топле витрине 1200 С. На ЦРЦ картици наводи се име класе, одговорне особе, датум порекла, последња ревизија картице је наведена заједно са везом на модел, на пример класа је позиционирана у структури агрегације, са супер делом који је „комплексна топла витрина“. У овом случају класа дефинише тип топле витрине на основу снаге грејача који је уграђен у исту.

ЦРЦ картица прецизира у делу „атрибути“ неке од карактеристика које описују подсклоп топле витрине, у овом случају, капацитет топле витрине, снагу грејача, висину витрине и тип предње маске. У делу који се односи на методе производа, дата је табела у којој се на основу типа грејача може установити који тип топлог подсклопа је у питању.

Да би се дефинисао кориснички интерфејс система за конфигурисање, потребно је да се развију рани прототипови корисничког интерфејса и серије дијаграма класе. Употреба дијаграма случаја је примарно да би се дефинисали индивидуални захтеви купаца и очекивани обрасци док користе систем за конфигурисање сложених производа. Пажња је такође фокусирана на откривању интеракције система за конфигурисање са осталим информационим системима у предузећу, као што је база података радних једница које су задужене за конструкциону и технолошку документацију или систем за управљање комерцијалним пословима и складиштима.

Кориснички интерфејс система за конфигурисање се развија на основу модела који су израђени (генератор варијанти производа, дијаграм класе или ЦРЦ картице), заједно са дијаграмом случаја. Кориснички интерфејс је израђен у складу са генератором варијанте производа, тј. према раније дефинисаним комплексним подсклоповима и комплексним производима (Слика 5.6.).

У оквиру ове фазе врши се и избор софтвера за конфигурисање. Потребно је водити рачуна о томе да ли је могуће интегрисати систем за конфигурисање са осталим информационим системима у предузећу, колико је време одзива, оперативна поузданости и могућности подршке од стране снабдевача. На основу израђене спецификације захтева, улати се у избор софтвера за конфигурисање. С обзиром да је захтев од стране производног система за расхладно-термичке уређаје да се изабере систем за конфигурисање у којем је могуће лако интегрисати, одељење конструктора који користе пет различитих софтвера за моделовање делова и полупроизвода, одлучено је да се као систем за конфигурисање изабере „Siemens Teamcenter“. Реч је о софтверу у који је лако интегрисати комплетан *Microsoft* пакет софтвера (који је потребан за израду коначне понуде купцу), као и остале софтвере намењене за више димензионо моделовање делова, подсклопова и самих производа.



Слика 5.9. – Део дијаграма класе

Име класе: Подсклоп топле витрине	Датум: 15.06.2016.	Аутор/верзија: 1200 С										
Одговорности: Одговорност класе је да се утврди тип топлог подсклопа												
Агрегација		Генерализација										
Супер делови: Комплексна топла витрина		Супер класе:										
Под делови:		Под класе:										
Скица: 												
Атрибути:		Класа сарађује са:										
Капацитет витрине (0 - 50 кг) Снага грејача (2000 - 8000W) Висина витрине (1300 - 1600 мм) Предња маска (раван лим, савијени, перфорирани)												
Методe система:												
Методe производа:												
Само топле витрине имају грејач. Према снази грејача могуће је да се установи који је тип топле витрине у питању.												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Тип витрине:</th> <th>Снага (W):</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1200 С</td> <td>2000</td> </tr> <tr> <td>Ресторан</td> <td>3000</td> </tr> <tr> <td>Кухиња</td> <td>4000</td> </tr> <tr> <td>Фриго Д</td> <td>8000</td> </tr> </tbody> </table>			Тип витрине:	Снага (W):	1200 С	2000	Ресторан	3000	Кухиња	4000	Фриго Д	8000
Тип витрине:	Снага (W):											
1200 С	2000											
Ресторан	3000											
Кухиња	4000											
Фриго Д	8000											

Слика 5.10. – ЦРЦ картица за класу „подсклоп топле витрине“

5.6 Фаза 6: Програмирање

Производни систем који ради озбиљно на имплементацији система за конфигурисање, мораће за стално са пуним радним временом да запосли радника који ће радити на задацима програмирања система за конфигурисање. Током поступка програмирања као основа користи се генератор варијанти производа, дијаграм класе и ЦРЦ картице.

На основу раније дефинисаних модела, генератора варијанти производа, дијаграма класе, ЦРЦ картица програмер у изабраном систему за конфигурисање врши додавање и уклањање класа и дефинисање релација између истих. Уз сарадњу са експертима

производа, визуализације података и поступака груписања, како поступак програмирања напредује, тако програмер врши тестирања сваког дела софтвера за конфигурисање. Води се рачуна о томе да део софтвера који се тестира не буде исувише велик и да се поступак тестирања врши уз сарадњу са експером чији је задатак да користи тај део конфигуратора, како би се евентуалне грешке лоцирале, јер када се тестира исувише велик део конфигуратора грешке се тада теже проналазе.

Учествовање експерата који ће користити систем за конфигурисање у поступку тестирања прототипова и критичних делова система је корисно из више разлога. Експерти се на тај начин у рани фазама информичу о начину функционисања система и као будући активни корисници конфигуратора, имају прилику да у фази тестирања прототипа изнесу своје жеље и захтеве за променама. На тај начин, штеди се време програмера јер је из више разлога једноставније и јефтиније промене вршити у раним фазама, притом задовољство корисника системом је веће, чиме се увећавају шансе за успешну имплементацију система за конфигурисање у производни систем за који се развија.

5.7 Фаза 7: Имплементација

Пре него што се систем за конфигурисање имплементира, спроводе се обимна тестирања система како би се осигурало да је конфигуратор без грешака. Повратне информације о функционисању система за конфигурисање и корисничком интерфејсу, добијају се кроз серије тестирања спроведена уз одговарајуће експерте који ће користити систем.

Током имплементације система за конфигурисање, постало је јасно да се систем може користити на неколико начина и у више намена. Неколико од најчешћих начина за коришћење система за конфигурисање су следећи:

- ✓ Продавац користити систем за конфигурисање како би израдио буџетску понуду за купца.
- ✓ Купац и продавац, уз обострано присуство и заједничким снагама, врше конфигурисање расхладно-термичког уређаја и израђују прву верзију буџетске понуде.
- ✓ Продавац у сарадњи са неколико експерата, кроз два до три састанака од по сат времена, а на основу упита купца, дефинише расхладно-термички уређај који ће најбоље задовољити функционалне захтеве које је купац изразио. Овај начин осигурава да идеје и жеље експерата такође буду укључене у првој буџетској понуди коју ће купац добити.
- ✓ Особље продаје, експерти и остали корисници употребљавају система за конфигурисање као референтни приручник (базу података) у којем могу пронаћи информације о, на пример, типовима расхладно-термичких уређаја, различитим деловим и подсклоповима, цени, капацитету уређаја, резервним деловима, условима рада, итд.

Од изузетне важности је да се још током поступка тестиња софтвера укључи велики број запослених за које се предвиђа да користе систем. Да се током тих тестирања

презентују и нагласе све користи и предности које ће имати предузеће и радници када се имплементира. Да се све сврсисходе идеје запослених уграде у систем за конфигурање и тиме допринесе општем прихватању конфигуратора.

Уколико се систем за конфигурање успешно имплементира у свом облику према првом сценарију и постане опште прихваћен како од запослених и купаца, тако и од коопераната, тада су створени сви услови да проиводни систем уложи додатне напоре (и додатни новац) како би се имплементирали други и трећи сценарио, а самим тим постигло и веће задовољство код корисника система за конфигурање.

5.8 Фаза 8: Одржавање и даљи развој

Одржавање и даљи развој система за конфигурање подразумева израду сталних ажурирања генератора варијанти производа, ЦРЦ картица, дијаграма тока, према захтевима купаца, запослених и експерата за развој расхладно-термичких уређаја.

Производни систем има задатак да формира „тим система за конфигурање“, који би био одговоран за функционисање и даљи развој система за конфигурање, као и једну надзорну групу. Надзорна група има задатак да прикупља и дискутује о искуствима од коришћења система за конфигурање, како би допринела континуланом унапређењу и ажурирању конфигуратора.

Тим система за конфигурање треба да се састоји од експерата који имају знање о расхладно-термичким уређајима, пословним процесима и запосленог који је довољно компетентан да може да програмира систем за конфигурање.

Одговорност за ажурирање знања које је инкорпорирано у систем за конфигурање лежи у сваком од индивидуалних одељења. Надзорна група помаже тиму система за конфигурање у комуникацији са експертима, како би се различити профили специјалиста разумели и отклониле све евентуалне недоумице, а знање које је у систему за конфигурање увек било ажурирано.

Везано за развој и одржавање модела, од кључног је значаја да се ажурирање модела и система за конфигурање одвија у исто време. Систем за конфигурање који није хитро документован постаје тежак или у потпуности немогућ за одржавање и даљи развој.

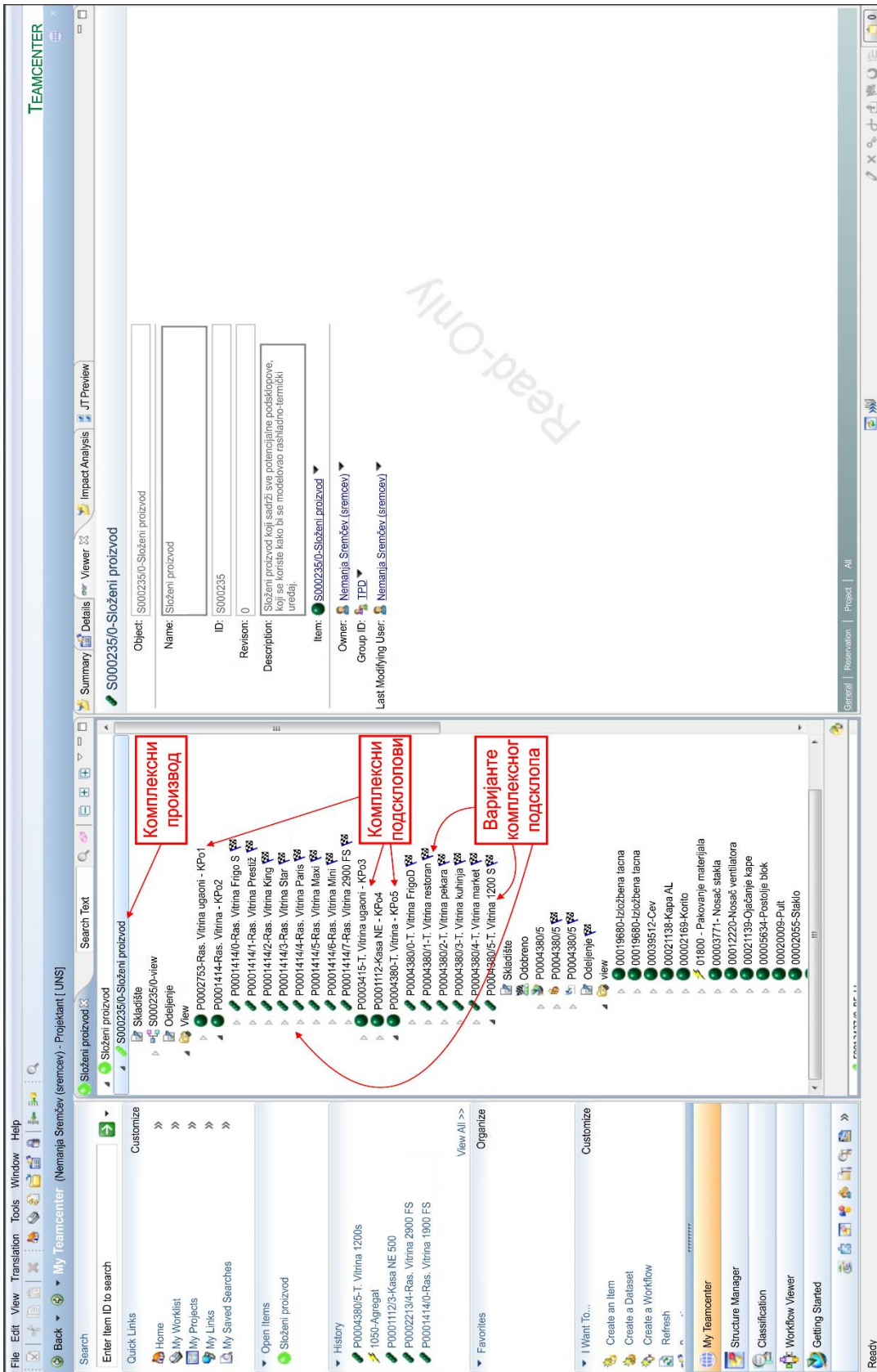
5.9 Конфигурисање сложеног производа применом развијеног система за конфигурисање

Након што се прошло кроз све фазе алгоритма за развој конфигуратора сложених производа применом поступка груписања, долази се у тренутак провере функционалности развијеног конфигуратора производа. У моменту имплементације система за конфигурисање и тестирања првог прототипа, у производни систем долази упит од стране купца који жели расхладно-термички уређај за свој ресторан брзе хране. Уређај треба да има топли подсклоп где би се чувала главна јела и одржавала њихова температура како би се потенцијалном купцу могло служити топло јело. Такође, уређај треба да има и расхладни подсклоп, где би се чувале салате, десерти и хладни прилози. На крају, купац уређаја жели и неутрални подсклоп на којем би се налазила каса и могле да стоје тацне на које би купац у ресторану преузео своје јело.

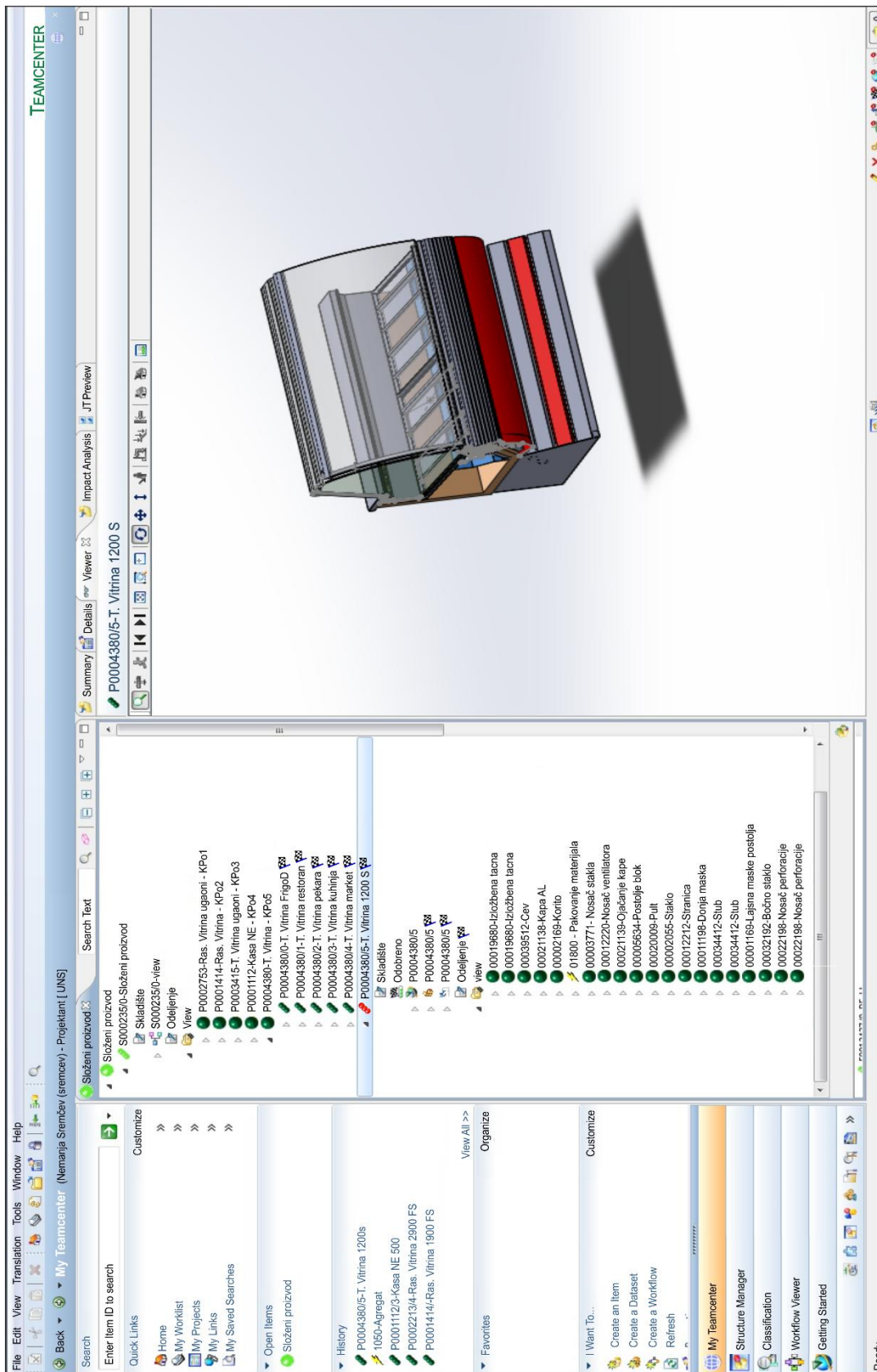
Купац уређаја се изјаснио кроз упит какве типове подсклопова жели. У упиту купца је наведено да уређај не би смео да премашује дужину од 7 метара и да топли подсклоп треба за око 20% да буде веће површине од расхладног. Продавац производа задужен за конфигурисање покреће конфигуратор и отвара комплексни производ за дефинисање расхладно-термичког уређаја за ресторане (Слика 5.11.). Комплексни производ је сачињен од компелксних подсклопова, где се кликом на комплексни подсклоп визуализују све могуће његове варијанте. Тада купац елиминише све оне подсклопове који не задовољавају његове захтеве и оставља само ону варијанту комплексног подсклопа која му највише одговара.

На слици 5.12., види се да је клијент из комплексног подсклопа топлих витрина (*P0004380-T. Vitrina – KPo5*) елиминисао све подсклопове које не жели и одлучио се само за топли подсклоп (*P0004380/5-T. Vitrina 1200 S*) који највише одговата његових захтевим, како функционалним тако и визуелним. Како одабрани подсклоп топле витрине није довољне површине (дужине), продавац дуплира одабрани подсклоп и у конфигуратору бира са које стране ће додати други подсклоп исте топле витрине. На Слика 5.13., види се да продавац бира десну страну одабране топле витрине, како би на њу додао исти такав подсклоп. Други подсклоп топле витрине је додат, поред првоодабраног (Слика 5.14.) и за сада расхладно-термички уређај се састоји из два подсклопа. На истој слици види се да је само иконица оног подсклопа унутар комплексног подсклопа за који се купац одлучио да га задржи, црвене боје, а елиминисани подсклопови су зелене боје.

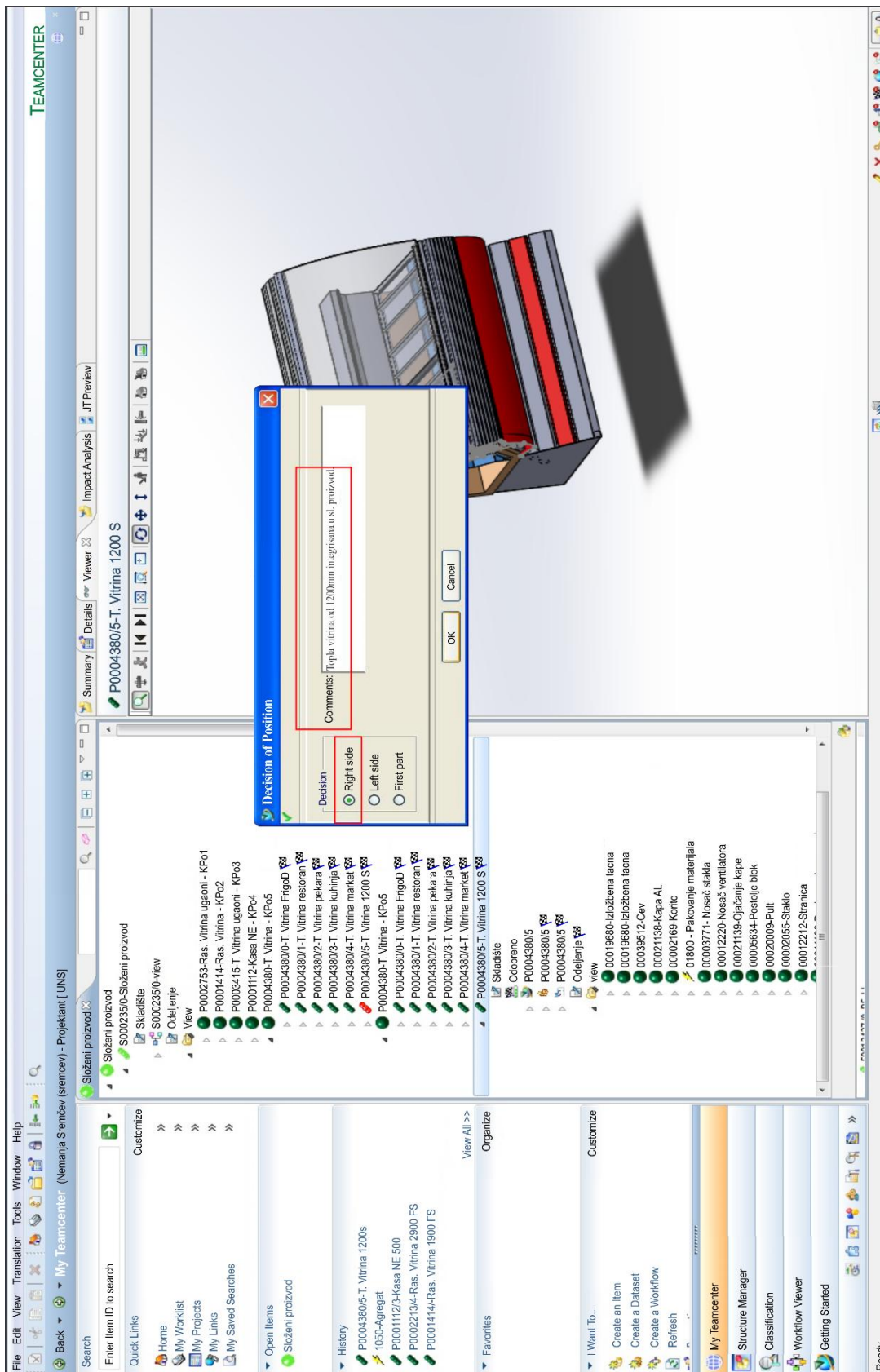
Како будући расхладно-термички уређај и даље нема довољно велику површину за топли подсклоп, продавац још једном дуплира првобитно одабрани комплексни подсклоп, елиминишући све непотребне подсклопове и задржавајући по трећи пут само подсклоп - *P0004380/5-T. Vitrina 1200 S*. Још једном као и током додавања другог топлот подсклопа бира страну са које да дода трећи подсклоп и када је то завршено, добија се уређај који је моментално сачињен од три топла подсклопа (Слика 5.15.). Сада је топли подсклоп расхладно-термичког уређаја сачињен из три иста подсклопа која формирају дужину од 3,6 метара (три подсклопа по 1200мм) чиме је добијена површина топлот дела уређаја која задовољава функционалне захтеве купца и може се наставити даље са конфигурацијом. У овој првој варијанти конфигурисаног уређаја, купац изражава жељу да се топли и хладни подсклопови одвоје са једним неутралним подсклопом, тако да је наредни комплексни подсклоп који се разматра из групе неутралних комплексних подсклопова.



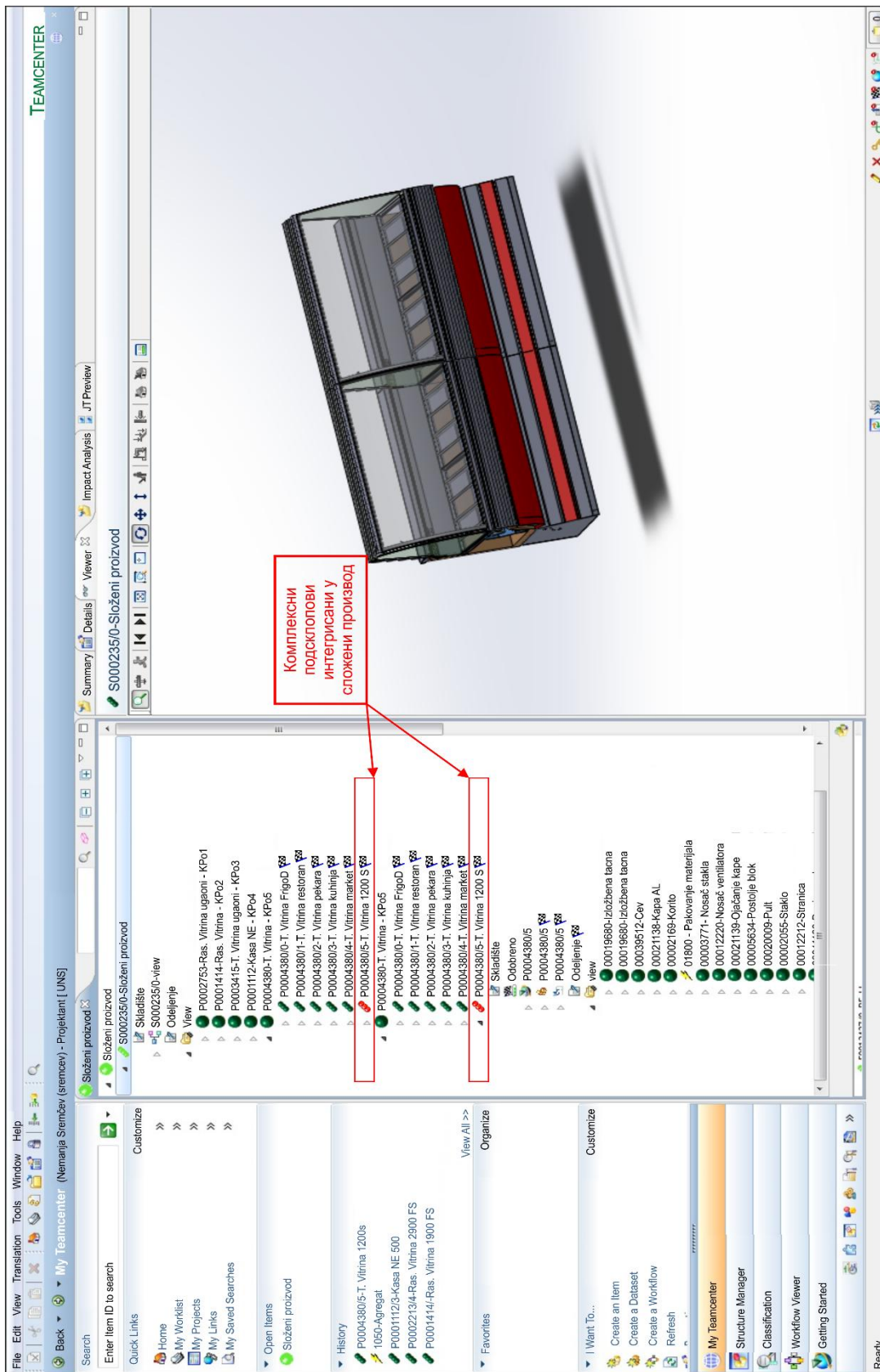
Слика 5.11. – Груписани комплексни подсклопови унутар комплексног производа



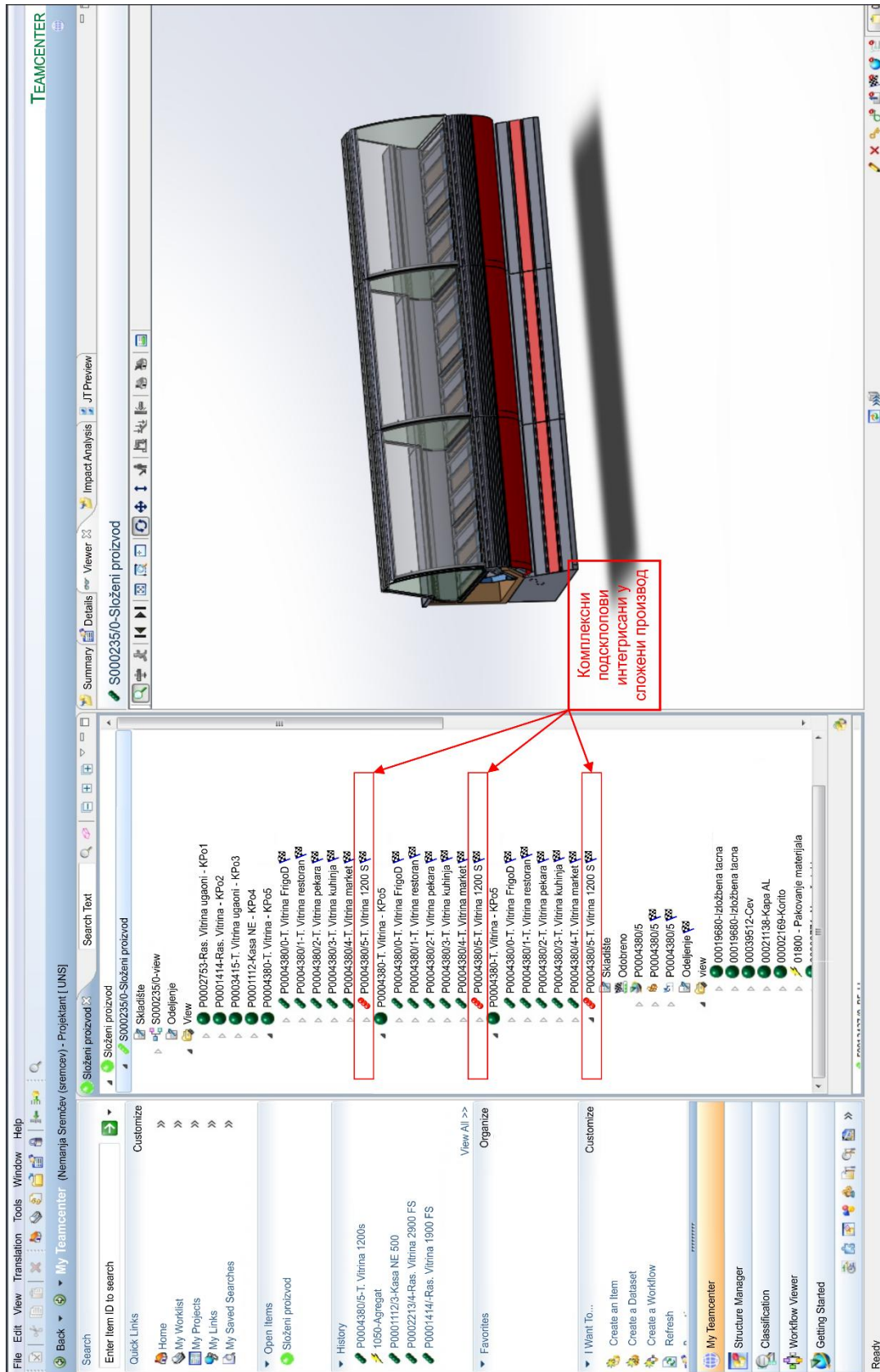
Слика 5.12. – Изабрана варијанте топлог комплексног подсклопа (топла витрина)



Слика 5.13. – Одабир позиције за интеграцију комплексних подсклопова



Слика 5.14. – Интегрисан други подсклопа у сложени производ



Слика 5.15. – Интегрисан трећи подсклоп у слојени производ

Купац сада одабира комплексни подсклоп из групе неутралних подсклопова (*P0001112-Kasa NE – KPo4*), у систему за конфигурисање се визуализује неутрални комплексни подсклоп са свим својим припадајућим подсклоповима. Купац сада из комплексног подсклопа касе елиминише све оне подсклопове који су сувишни за његове захтеве и одлучује се само за неутрални подсклоп типа каса - *P0001112/3-Kasa NE 500* (Слика 5.16.). Реч је о каси као неутралном подсклопу, ширине пола метра, који има своју фиоку, постоље за фискалну касу и постоље за тацне са храном. Спољашња маска је као и на претходно конфигурисаном топлом подсклопу.

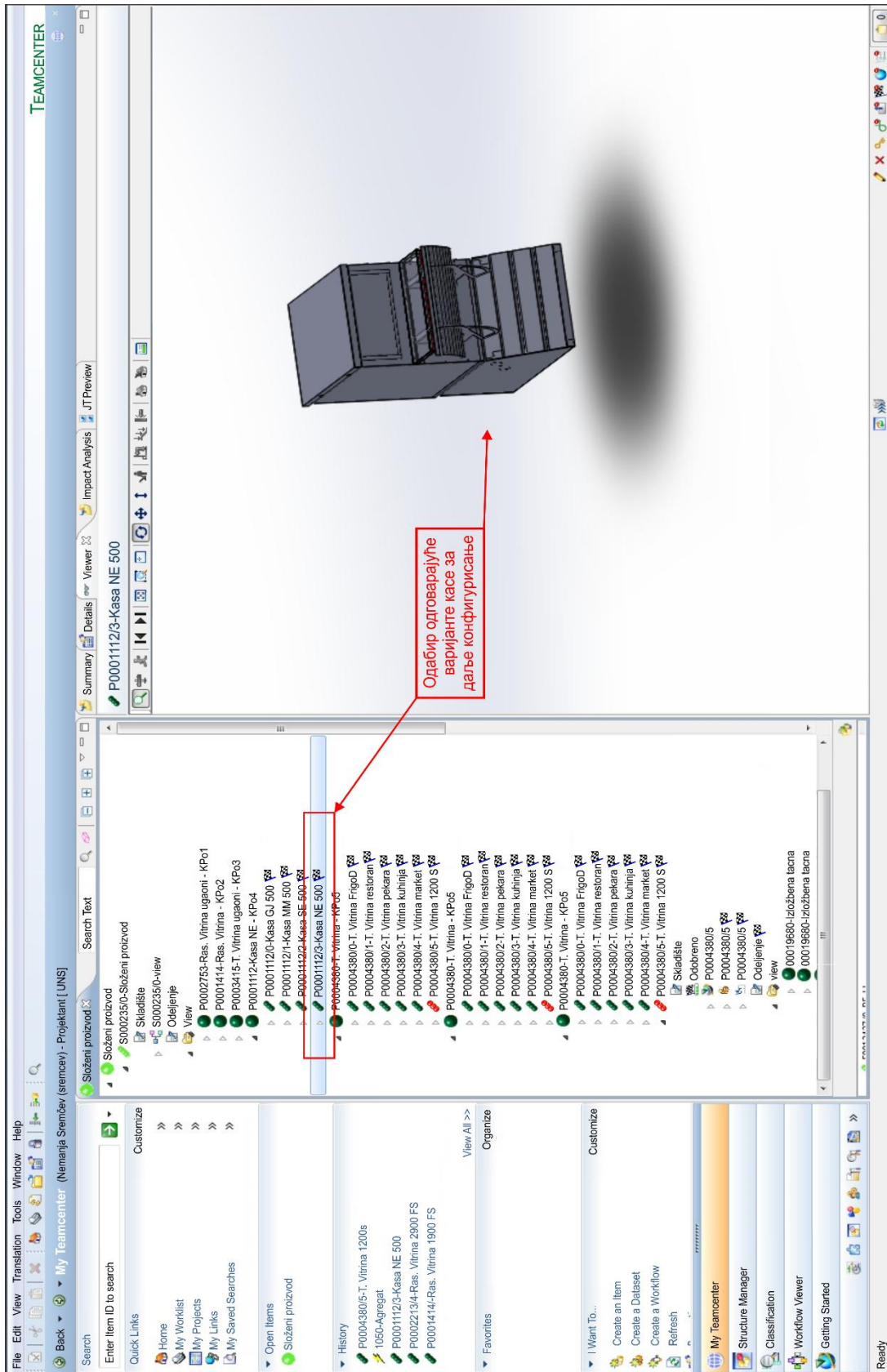
Купац још једном пролази кроз кратак постуак одабира стране спајања и сада 4 подсклопа тренутно чине расхладно-термички уређај (5.17.). На истој слици се такође може уочити да је из четири комплексна подсклопа елиминисано чак 18 подсклопова (зелена иконица за варијанте подсклопа) и задржано свега 4 подсклопа (црвеним иконицама означеним подсклопови), три топла и један неутрални до тог момента процеса конфигурисања.

Тренуто је конфигурисани уређај дужине 4,1 метар и остао је још да се изабере адекватни расхладни подсклоп. У скаладу са тим, продавац отвара комплексни подсклоп из групе расхладних подсклопова (*P0001414-Ras. Vitrina – KPo2*), кроз систем за конфигурисање се врши визуализација одабраног комплексног подсклопа и купац још једном елиминише све оне расхладне подсклопове који нису у скалду са његовим потребама. Једини подсклоп који је купац није елиминисао је подсклоп расхладне витрине - *P0001414/7-Ras. Vitrna 2900 FS* (Слика 5.18.).

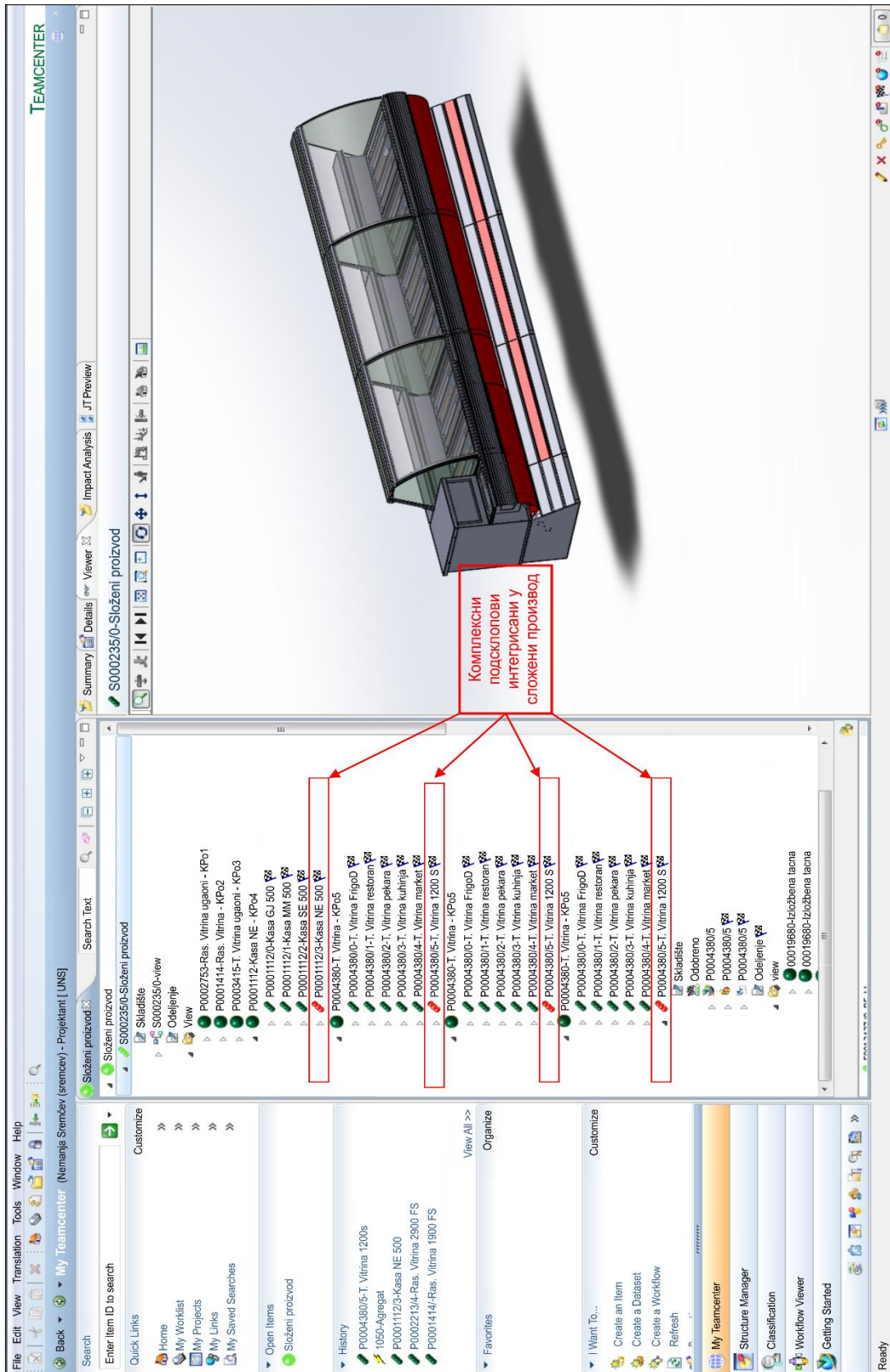
Поново, продавац уз пар кликова бира страну са које да се дода изабрани подсклоп, поставља га уз касу и визуализује се варијанта расхладно-термичког уређаја (Слика 5.19.). Са исте слике, може се уочити да је купац разматрао пет комплексних подсклопова са којих је елиминисао 25 подсклопова (означених зеленим иконицама) и одлучио се за пет подсклопова које ће задржати (црвене иконице), док их је продавац уз неколико кликова сложио према захтеву купца.

Одабран је расхладни подсклоп дужине 2900 милиметара, чиме су испоштовани првобитно постављени функционални захтеви, да је површина топлог подсклопа већа бар за 20%, дужина комплетног расхладно-термичког уређаја не прелази задатих 7 метара и да расхладни и топлотни подсклоп раздваја један неутрални подсклоп. Уколико је конфигурисан производ у складу са изреченим захтевима купца и исти нема додатних функционалних захтева, продавцу је остало још неколико кликова да сачува конфигурисан производ (уређај) као варијанту комплексног производа (*S000235/1 – Složeni proizvod*). На слици 5.20., се такође може уочити да се добијена варијанта садржи из пет варијанти комплексног подсклопа (означено црвеним иконицама).

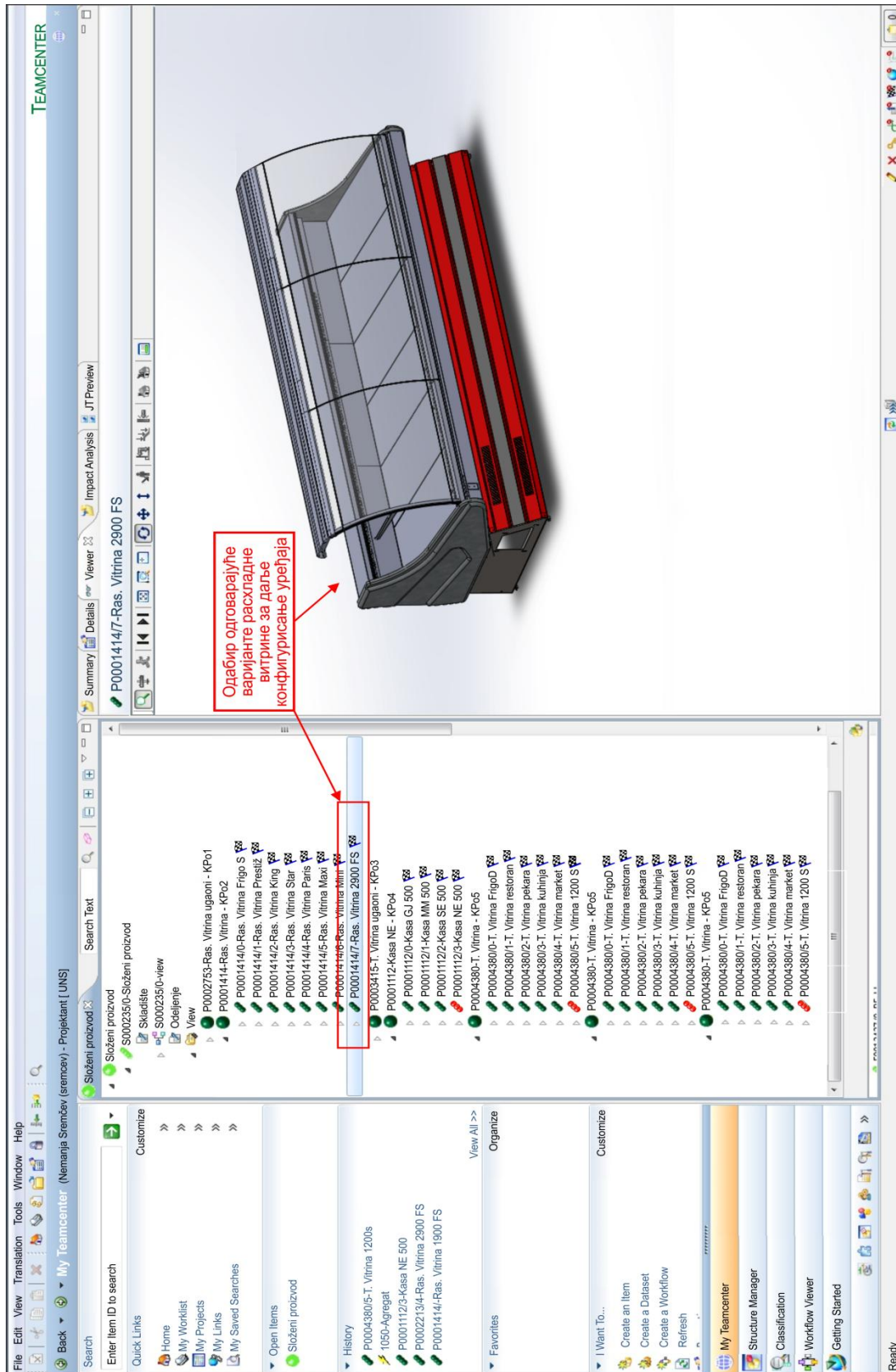
Након што је извршена конфигурација производа, систем за конфигурисање даје и калкулацију потребног времена за израду и долази се до оквирне цене конфигурисаног производа чиме се формира буџетска понуда. Уколико као таква буде одобрена од стране купца, иницира се израда детаљне понуде, детаљно дефинисање свих елемената уређаја и израда коначне детаљне понуде за купца, која се на крају потписује уколико обе заинтересоване стране постигну договор.



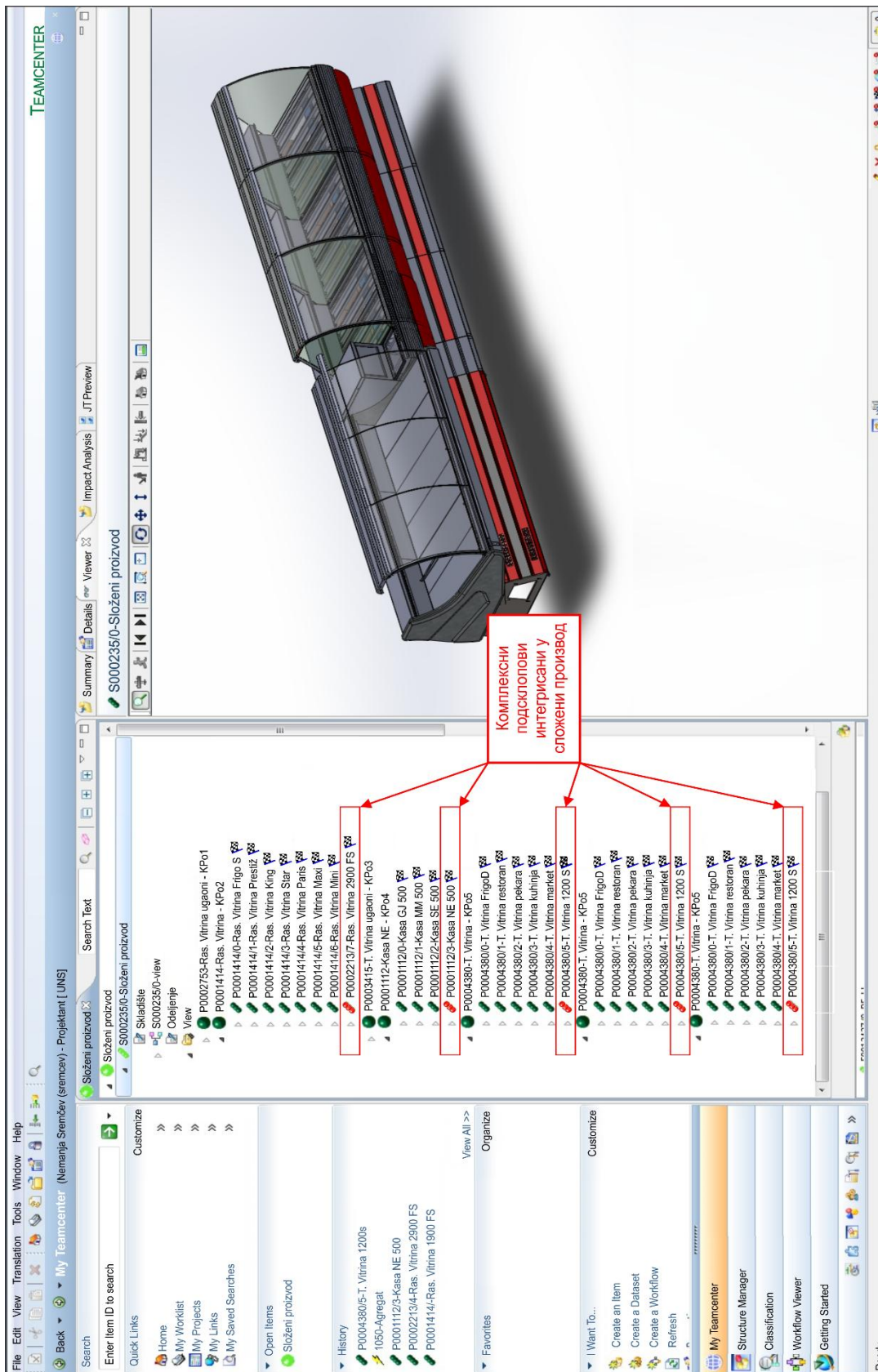
Слика 5.16. – Изабрана варијанта неутраног комплексног подсклопа (каса)



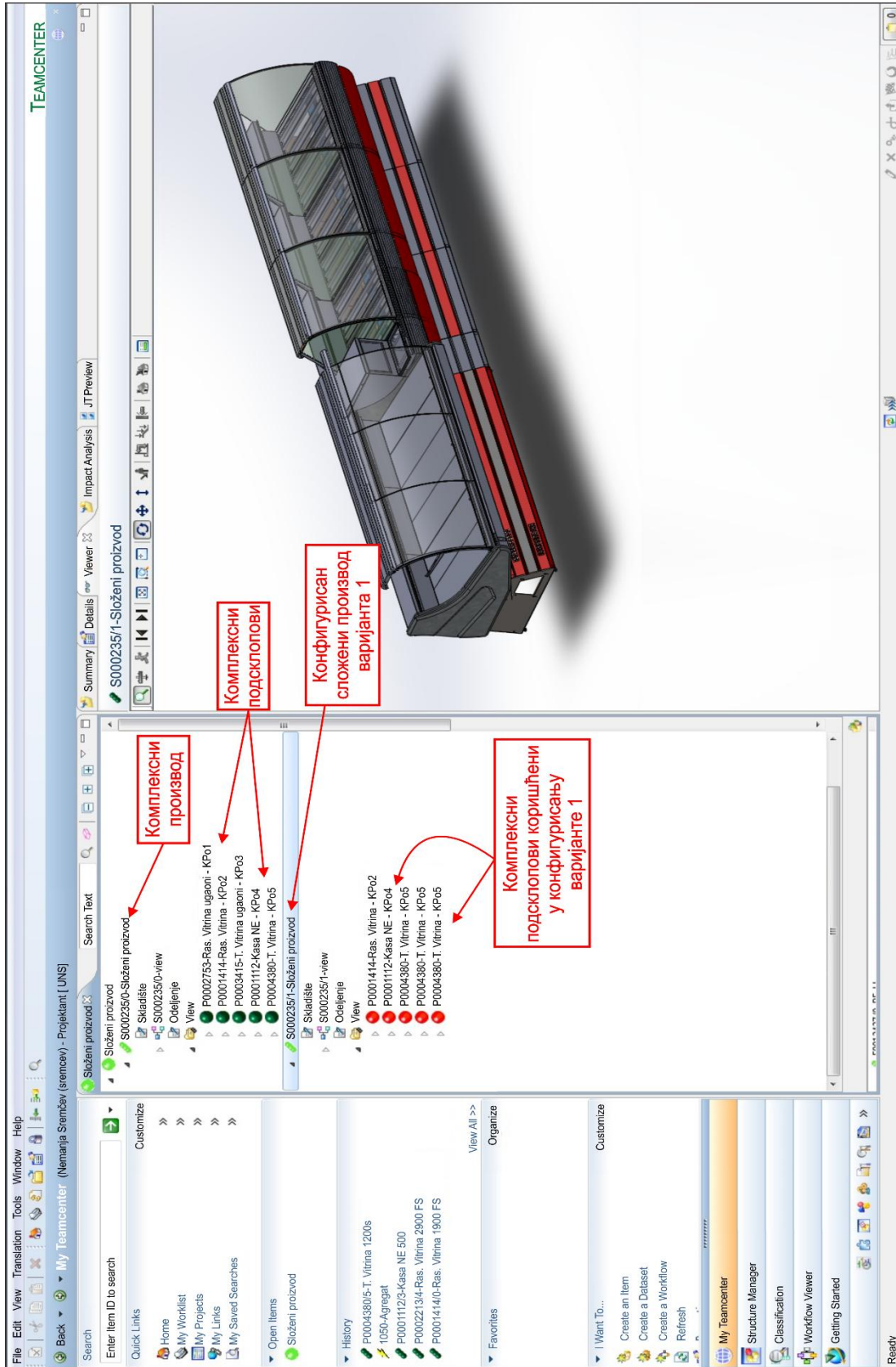
Слика 5.17. - Интегрисан четврти подсклоп у слојени производ



Слика 5.18. – Изабрана варијанта расхладног комплексног подскопа (рас. витрина)



Слика 5.19. - Интегрисан пети подсклоп у слојени производ



Слика 5.20. – Сачувана прва варијанта конфигурисаног производа

5.10 Израда понуде за купца

Да би се могао проценити потенцијал који се нуди употребом система за конфигурисање као подршке за задатке израде понуда потенцијалним купцима, неопходно је да се уради анализа тренутних процеса израде понуда и резиме најважнијих циљева у процесу израде понуда – поређен са тренутним перформансама и визијом како би систем за конфигурисање требао да допринесе изради понуда за купце у будућности. Значајан нагласак је дат на постављању граница за систем за конфигурисање.

Везано за анализу тренутног поступка израде понуда за клијенте, испоставило се да је прилично тешко описати процес израде буџетске понуде. Овај процес варира од једне до друге понуде и зависи од природе саме понуде, пројекта и особа које су укључене у тај посао. Велике разлике у процесу разрађивања буџетских понуда такође значи да израђене понуде могу бити веома неуједначене, а ту се мисли и на квалитет, у зависности од тога ко је одговоран за њихову израду.

Углавном, израда понуда укључује особље из неколико сектора унутар предузећа и значајна средства се користе за координисање и проверу информација које се размењују између различитих сектора.

Понуде су анализираном производном систему подељене у две главне групе: буџетске понуде и детаљне понуде. Обично, потенцијални купац прво прими једну или више буџетских понуда. Затим, када купац донесе одлуку везану за опште захтеве око расхладног или неутралног уређаја, тада се разрађују једна или више детаљних понуда. Чести проблем је тај што купац мења опште захтеве везане за уређај, доста касно у фази детаљне понуде. То значи да се потенцијалном купац мора обезбедити са неколико детаљних понуда у кратком временском периоду пре него што се коначна понуда изабере и пусти даље кроз систем како би се производи израдили.

Буџетска понуда садржи општи опис уређаја који је наручен, од колико расхладних, топлотних и неутралних елемената се коначан уређај састоји, које је дужине, које висине, где су угаони елементи, колики је капацитет уређаја и коначно прорачун цене уређаја. Са друге стране, у детаљној понуди се налази много више детаља него у буџетској понуди. Описано је колико има клизних врата на горњем делу, а колико врата има за доње коморе, жељене температуре у одговарајућим деловима уређаја, број преграда, број сонди, број агрегата, димензије неутралних елемента, снаге грејача термичких елемента и многе друге информације. Другим речима, детаљна понуда садржи подробен опис сваког подсклопа у уређају и факторе везане за пуштање уређаја у рад.

5.10.1 Циљеви и захтеви за процес конфигурисања упоређени са тренутним перформансама

Табела 5.1. резимира неке од најважнијих циљева за процес израде буџетских понуда. Циљеви су упоређени са тренутним перформансама које се постижу у систему.

Као што се може видети из ове анализе, употреба система за конфигурисање за израду буџетских понуда довешће до значајног смањења времена потребног за израду и

потрошњу ресурса. То значи да је могуће одговорити на сва питања са буџетском понудом. Без система за конфигурисање, особље производног система је приморано да само одлучи којим питањима корисника треба дати највиши приоритет, с обзиром да се не поседује довољно средстава да се одговори на све упите са буџетском понудом. Истраживање показује да је изузетно тешко проценити да ли ће неки упит на крају резултовати у одређену понуду. Према томе, неки од прошлих упита који никад нису добили понуду као одговор, су постали купци једног од конкурената посматраног производног система. Из тог разлога, веома је важно за компанију да се на сваки упит да одговарајући одговор у форми буџетске понуде.

Табела 5.1. – Анализа процеса израде буџетских понуда у производном систему

	Циљ	Тренутне перформансе	До жељеног стања
Време израде	1 - 4 дана	4 – 30 дана	да буде смањено за 50-80%
Потрошња ресурса	1/2 – 2 дана по раднику за буџетску понуду	2 – 7 дана по раднику за буџетску понуду	да буде смањено за око 90%
% упита на који се да понуда	100%	70%	30%
Квалитет буџетске понуде	Уједначене буџетске понуде	Велике варијације	Више уједначене понуде

Буџетска понуда постаје више униформна и бољег квалитета када се сви релевантни фактори узимају у обзир, а у таквим ситуацијама су смањене разлике између трошкова који су прорачунати у буџетској понуди и коначних стварних трошкова пројектовања и производње. Понуде које су генерисане кроз систем за конфигурисање су намењене пословним људима, тј. фокус је на општим принципима, перформансама уређаја који је наручен и техничким факторима који утичу на цену и/или перформансе финалног производа.

Једна од најважнијих користи која се добија употребом система за конфигурисање, јесте у томе да он води купце производног система у правцу избора стандардних решења која нуди предузеће, пре него ка избору нестандарних решења којима би се задовољиле потребе купаца, која, када се погледа у односу на цео пројекат, често нису уопште тако важна за купца. Та нестандардна решења воде ка значајном повећању обима посла, што на крају резултује кашњењима и несигурношћу пројекта у целости. Искуство производног система је такво да они могу понудити стандардна решења са фиксном ценом и роком испоруке, рађе него решење које је по специфичним жељама клијента, а притом значајно скупље, са дужим временом израде и испоруке. Стога, купци у већини случајева бирају стандардна решења или се од стандардних подсклопова дође то тог жељеног специфичног решења које задовољава постављене захтеве купца.

Коначно, циљ је да особље производног система види пројекат система за конфигурисање као начин да се формализује и међусобно унутар предузећа подели знање о производима који се израђују. Израда генератора варијанти производа, дијаграма класе и ЦРЦ картица обезбеђује јединствену могућност да се створи општа слика о томе шта компанија жели да понуди на тржишту.

6 ДИСКУСИЈА ДОБИЈЕНИХ РЕЗУЛТАТА

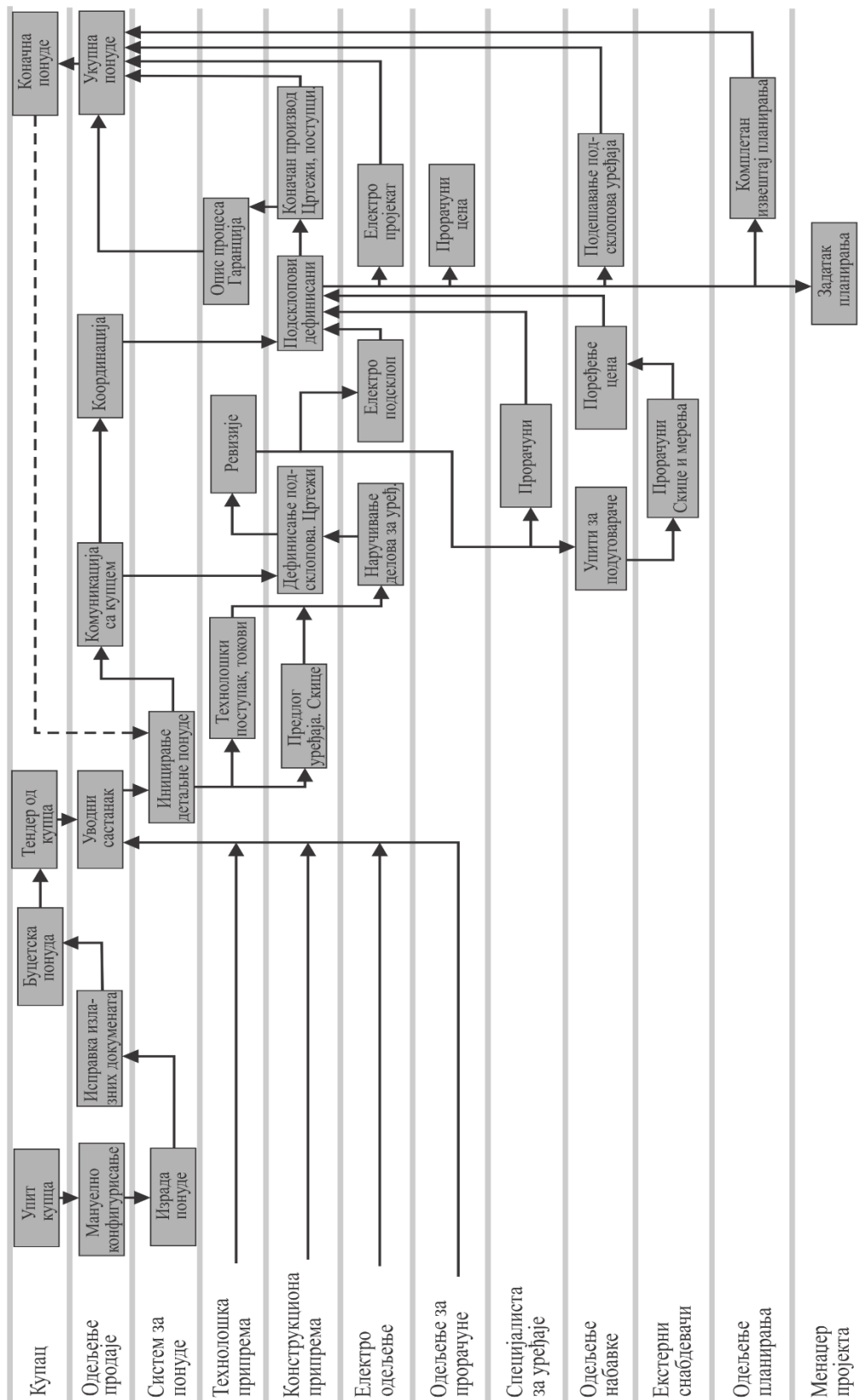
Као што се може видети, резултати истраживања су показали да фазе у процедури развоја конфигуратора сложених производа нису оштро раздвојене. Посао се наставља кроз извршење одређеног броја итерација, са преласком између индивидуалних фаза – анализе комерцијалних захтева, анализа асортимана производа компаније, изградња генератора варијанти производа и развој предметно-оријентисаног модела са припадајућим ЦРЦ картицама. На старту пројекта, могло би бити релевантно да се развију мали тест програми или прототипови у сврху тестирања, како би могуће решење могло бити имплементирано и како оно ради у пракси – другим речима, постоји интеракција између формулисања захтева, жеља и спецификације елемената за решење.

Фокус ове дисертације је посебно на развоју метода за подршку анализи и развоју процеса конфигурисања, анализи производног програма предузећа, дефинисању комплексних подсклопова и комплексног производа и на крају моделовање система за конфигурисање, као пета фаза у процедури развоја конфигуратора сложених производа, укључујући конструисање предметно-оријентисаног модела. Касније фазе процедуре, углавном прате редослед активности од предметно-оријентисаног животног циклуса система за конфигурисање.

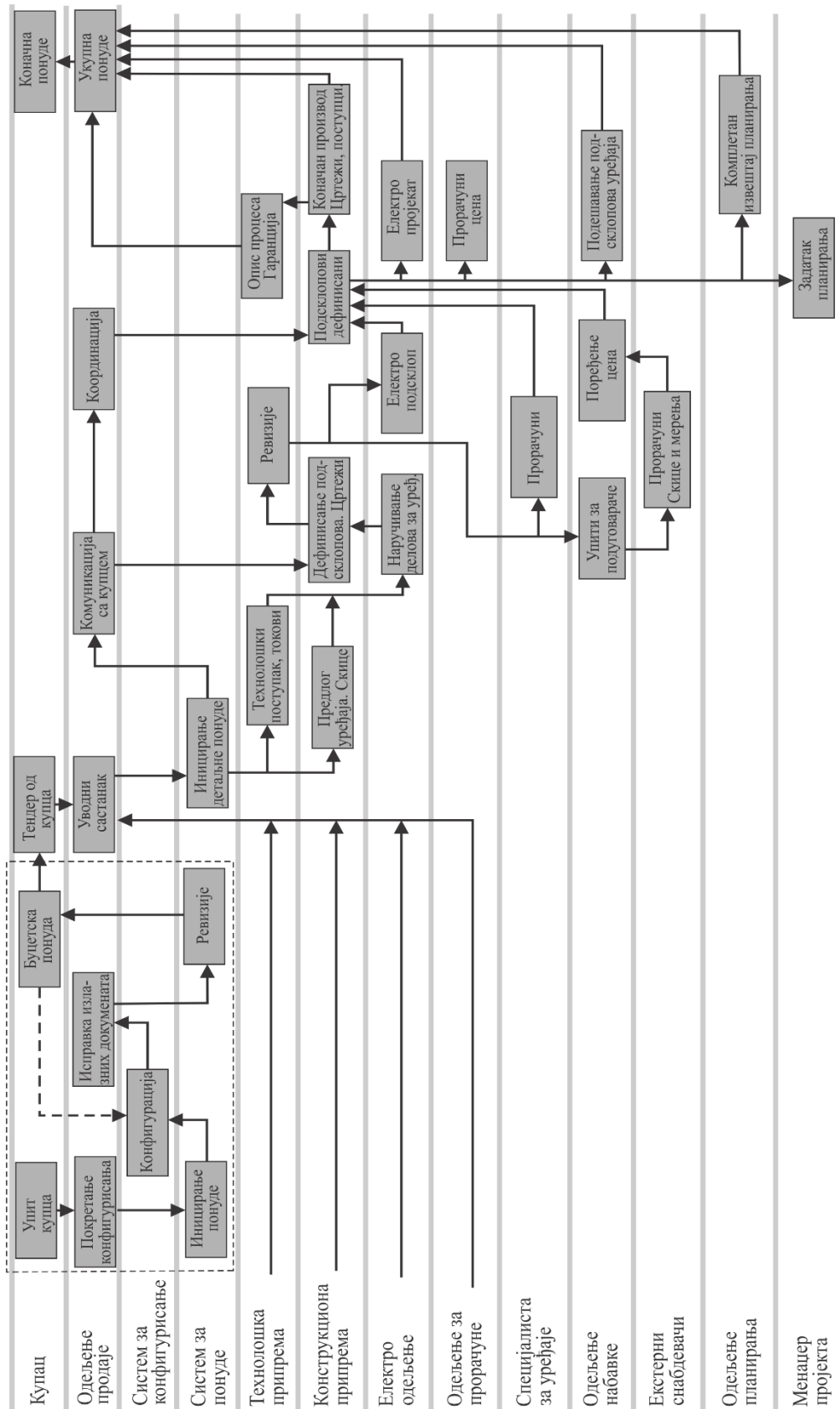
Слика 6.1. приказује процес израде буџетских и детаљних понуда у систему за израду расхладно-термичких уређаја без имплементираних система за конфигурисање производа. На слици су приказне све активности које је неопходно спровести приликом, процеса израде понуде за купца, као и секторе који су укључени у њихове извођење. У предузећима која немају имплементиран систем за конфигурисање, буџетске понуде се израђују у класичним комерцијалним софтверима (*Microsoft Office*) и као такве немају довољан ниво детаља, због чега се по неколико пута враћају на дораду од стране купца. Притом, купци тек током анализе детаљне понуде, препознају какве заправо могућности имају око захтева у погледу функционалности производа и тада настају нови функционални захтеви о стране купца, што доводи до потребе за поновном израдом детаљне понуде за продајни сектор предузећа.

Када купац врати коначну понуду на „корекцију“, она се враћа из тачке „коначне понуде“ у тачку „иницирања детаљне понуде“ (Слика 6.1., повратни ток, приказан испрекиданом стрелицом). На основу вишегодишњег искуства предузећа за израду расхладно-термичких уређаја, купац у просеку два пута враћа детаљну понуду на кориговање пре него што је коначно прихвати и потпише уговор.

Слика 6.2. приказује цео процес израде буџетске и детаљне понуде након увођена система за конфигурисање. Детаљне понуде се израђују на основу претходно израђених буџетских понуда на упите купца. С обзиром да се буџетске понуде израђују употребом система за конфигурисање, исте постају више униформне и вишег квалитета, вишег нивоа детаља где се током израде саме понуде купцима нуде разне могућности за које они обично и не знају да постоје, што такође на крају доприноси повећању квалитета детаљних понуда и самог задовољства купца. Такође, очекује се да ће систем за конфигурисање моћи да допринесе изради детаљних понуда. Гледано на дуже стазе, идеја је да се развије сет система за конфигурисање за најважније уређаје, који ће моћи да подрже како детаљну понуду, тако и сам процес наручивања.



Слика 6.1. – Израда буџетских и детаљних понуда у предузећу за производњу расхладно-термичких уређаја



Слика 6.2. – Процес израде коначне понуде за купца подршком система за конфигуравање

Са системом за конфигурисање, повратна петља (испрекидана стрелица на Слици 6.2.) за довођење буџетске понуде на жељени ниво за купца је знатно краћа од повратне петље процеса израде поруџбине без систем за конфигурисање. Главни разлог је у нивоу детаља буџетске понуде израђене системом за конфигурисање, која се и у већини случајева и израђује у присуству купца, којем се тада указује на бројне могућности и функционалне захтеве производа који конфигуришу за које до тада и нису знали. Ниво детаља иде до те мере да се буџетској понуди начињеној системом за конфигурисање указују и на време испоруке и услове плаћања. Тада следи усклађивање буџетске понуде коришћењем система за конфигурисање и потом се детаљна понуда у великој већини случајева израђује само једном, након чега следи потписивање исте од стране купца и проивођача.

У табели 6.1. приказане су активности кроз које се пролази током процеса израде понуда, као и време трајања сваке од њих, у свакој од итерација израда буџетских и детаљних понуда.

Као што је претходно поменуто, током израде буџетске понуде без подршке система за конфигурисање буџетска понуда је недовољног нивоа детаља, а притом се и израђује без присуства купца (наручиоца расхладно-термичког уређаја) и као таква је недовољна, да би само на основу ње купац могао да донесе коначну одлуку о куповини жељеног уређаја. Купцу се предочава буџетска понуда и уколико је она у складу са купчевим жељама, исти одобрава израду детаљне понуде. У табели 6.1., дата су просечна времена трајања сваке од активности током процеса израде буџетске и детаљне понуде, за уређаје који се састоје од пет и више комплексних подсклопова, тј. реч је о уређајима који су од осам и више метара (уређаји који се састоје од више расхладних, топлих и неутралних подсклопова). Време које је дато у загради, представља време које је потребно за сваку од активности када се израђује понуда за једноставан уређај, који се састоји само из једног комплексног подсклопа (само расхладна витрина или само топла витрина).

Без подршке система за конфигурисање потребно је да се у првој итерацији прође кроз све активности и тада на основу израђене детаљне понуде купац доноси одлуке. Изузетно су ретке ситуације када купац на основу прве детаљне понуде донесе коначну одлуку и одлучи се за куповину уређаја, а понекад је то и више од пет итерација израде понуде да би се донела коначна одлука. Из тог разлога, анализирано је да постоје три итерације, што и јесте најчешћи случај да купац два пута врати понуду на кориговање пре него што се одлучи да је прихвати и иста се потпише као коначна. Без подршке система за конфигурисање, детаљна понуда се у другој итерацији враћа од потенцијалног купца (повратни ток, испрекидана стрелица – Слика 6.1.) и иницира се нова детаљна понуда. Затим следи и трећа итерација након које најчешће и следи потписивање понуде или уговора о куповини уређаја.

Уз подршку система за конфигурисање могуће је у присуству потенцијалног купца израдити дељну буџетску понуду. Тако да одмах у првој итерацији купац има могућност да размотри кључне параметре везане за куповину одређеног уређаја и врати понуду на корекцију, која потом поново пролази кроз процес конфигурисања, исправке, ревизије и израде нове буџетске понуде. Нова буџетску понуду купац поново разматра и у највећем броју случајева враћа се (повратни ток, испрекидана стрелица – Слика 6.2.) на још једну корекцију (трећа итерација). У трећој итерацији врши се нова конфигурација према захтевима купца у односу на другу верзију буџетске понуде. Уколико се у овој итерацији буџетска понуда прихвати као таква од стране купца, тек тада се улази у поступак

иницирања и израде детаљне понуде. То је кључна разлика у односу на процес израде детаљне понуде без подршке система за конфигурисање током којег се израђује једна буџетска, а више детаљних понуда, док је обрнути случај у ситуацији када је систем за конфигурисање имплементиран у пословне процесе предузећа.

Табела 6.1. – Време трајања активности током израда понуда

Активности	Без система за конфигурисање			Са системом за конфигурисање		
	Прва итерација	Друга итерација	Трећа итерација	Прва итерација	Друга итерација	Трећа итерација
Упит купца	10 (5)			10 (5)		
Мануелно конфигурисање	20 (10)					
Покретање конфигурисања				3 (3)		
Израда понуде	15 (10)					
Иницирање понуде				2 (2)		
Конфигурација				30 (10)	20 (8)	20 (8)
Исправка излазних докумената	5 (2)			5 (2)	5 (2)	5 (2)
Ревизија				3 (3)	3 (3)	3 (3)
Буџетска понуда	15 (10)			15 (10)	15 (10)	15 (10)
Тендер од купца	40 (30)					40 (30)
Уводни састанак	25 (15)					25 (15)
Иницирање детаљне понуде	10 (5)	10 (5)	10 (5)			10 (5)
Предлог уређаја. Скице.	60 (20)	30 (10)	30 (10)			60 (20)
Технолошки поступак. Токови.	20 (10)	10 (5)	10 (5)			20 (10)
Комуникација са купцем	15 (5)	10 (5)	10 (5)			15 (5)
Наручивање делоза за уређај	15 (5)	8 (4)	8 (4)			15 (5)
Дефинисање подсклопова. Цртежи.	20 (10)	10 (5)	10 (5)			20 (10)
Ревизија	10 (5)	7 (5)	7 (5)			10 (5)
Електро подсклоп	15 (10)	10 (5)	10 (5)			15 (10)
Прорачуни	30 (15)	12 (8)	12 (8)			30 (15)
Упит за подуговараче	10 (5)	10 (5)	10 (5)			10 (5)
Прорачуни. Скице. Мерења.	26 (15)	14 (10)	14 (10)			26 (15)
Поређење цена	8 (5)	6 (4)	6 (4)			8 (5)
Координација	10 (5)	8 (5)	8 (5)			10 (5)
Подсклопови дефинисани	18 (3)	10 (3)	10 (3)			18 (3)
Електро пројекат	20 (15)	10 (7)	10 (7)			20 (15)
Прорачуни цена	16 (5)	9 (5)	9 (5)			16 (5)
Подешавање подсклопова уређаја	14 (3)	7 (3)	7 (3)			14 (3)
Комплетан извештај планирања	20 (10)	8 (5)	8 (5)			20 (10)
Задатак планирања	25 (15)	6 (3)	6 (3)			25 (15)
Коначан производ. Цртежи, поступци.	20 (2)	13 (2)	13 (2)			20 (2)
Опис процеса. Опис гаранција.	20 (10)	8 (5)	8 (5)			20 (10)
Укупна понуда	15 (5)	10 (5)	10 (5)			15 (5)
Коначна понуда	10 (3)	7 (3)	7 (3)			10 (3)
УКУПНО			1023 (502)			646 (312)

Анализом активности (Табела 6.1.) које изводе различита одељења у предузећу, у више итерација током поступка израде буџетске и детаљне понуде за купца, уочено је да се употребом система за конфигурисање скратило време израде понуде у просеку за 37%, када је реч о сложеним производима сачињеним од више комплексних подсклопова. Уколико се ради о конфигурисању расхладно-термичког уређаја који се састоји из свега једног комплексног подсклопа, тада је време потребно да се изради, прихвати и потпише детаљна понуда од стране купца скраћено у просеку за 38%.

Употребом система за конфигурисање приликом израде детаљних понуда за купце, уз зависности од комплексности уређаја који се конфигурише и специфичности захтева које има купца, време потребно да се изради понуда за купца је скраћено од 25% до 50%. Самим тим и на овај начин је утицано на скраћење времена испоруке производа купцу, чиме је потврђена друга постављена хипотеза.

Кроз пето поглавље докторске дисертације прошло се кроз све фазе развоја конфигуратора сложених производа применом поступка груписања и развијен је систем за конфигурисање у складу са првим сценариом. Такође, извршена је потврда функционалности развијеног система за конфигурисање и израђена понуда расхладно-термичког уређаја за потребе ресторана брзе хране. Тиме је потврђена исправност и функционалност система, а самим тим и потврђена прва хипотеза да је могуће развити систем за конфигурисање сложених производа применом поступка груписања.

7 ЗАКЉУЧЦИ И ПРАВЦИ ДАЉИХ ИСТРАЖИВАЊА

Ова дисертација дефинише алгоритм за развој конфигурагора сложених производа применом поступка груписања. Алгоритам је дефинисан на основу анализе литературе из области истраживања, раније документованих студија случаја и искуства аутора и ментора дисертације. Алгоритам је такође дефинисан употребом неких основних карактеристика које описују задатке (пројекте) развоја система за конфигурисање. Задатак развоја система за конфигурисање је подељен у:

- ✓ Проналажење релевантних информација о производу;
- ✓ Приказивање релевантних информација о производу и
- ✓ Имплементација информација о дефинисаном производу.

Током фаза развоја конфигурагора сложених производа применом поступка груписања неопходно је консултовање са релевантним експертима као што су: експерти за производ (на пример, конструктор производа), експерти за визуализацију података (*CAD* експерти), експерти за поступке груписања и експерти за системе за конфигурисање.

Стартна тачка за имплементацију система за конфигурисање у производни систем је препознавање чињенице да се време потребно за израду понуде купцу повећава, док у исто време купци имају све више и више упита. Такође, ту је и захтев купаца да се у краћем временском року добијају понуде.

С обзиром да у многе компаније није једноставно, а у неке је и немогуће имплементирати систем за конфигурисање и друге сличне информационе системе, из разлога непостојања подршке менаџмента предузећа да се један такав подухват успешно спроведе и недовољно јасно радницима презентованих користи од употребе сличних система, води ка неуспешној имплементацији софтвера. Из оваквих разлога, одлучено је да се постепено и опрезно улази у процес имплементације система за конфигурисање у производни систем. С тим разлогом предлаже се три сценарија за развој и увођење система за конфигурисање у производни систем:

- ✓ Први сценарио подразумева систем за конфигурисање који обухвата само подсклопове и производе које купци најчешће захтевају и није укључен цео производни систем, него само један мањи део.
- ✓ Други сценарио је шири у односу на први и укључује више варијанти производа и запослених у предузећу. У другом сценарио узима се у обзир прорачун стандардних трошкова експлоатације уређаја, потрошњу енергије и цене редовних сервиса система за расхлађивање и/или загревање, уколико уређај поседује такве елементе.
- ✓ Трећи сценарио омогућава купцу да може да конфигурише како комплетан производ тако и сваки од подсклопова који ће ући у састав уређаја. Такође у трећем сценариу систем омогућава кориснику увид у правила око пуштања у рад уређаја и избора заменских делова за конфигурисане уређаје.

Тек у условима када је евидентно да је први сценарио успешно имплементиран, приступа се припремама за имплементацију другог, а касније и трећег сценарија. Из разлога великих трошкова које повлачи увођење система за конфигурисање у производни систем,

констатује се да је тестирање прихватања и постепено увођење кроз сценарије имплементације прилаз који се предлаже.

У првом сценарију укључен је ограничени број производа и подсклопова, тако да редослед конфигурисања и избора подсклопова не игра битну улогу. У другом и трећем сценарију када су укључени сви делови и подсклопови у процес конфигурисања, редослед избора подсклопа је од кључне важности и мора бити раније дефинисан у систему за конфигурисање, како би корисници система били вођени њиме током поступка израде понуде.

Употреба система за конфигурисање доводи до бројних унапређења у процесу продаје и израде понуда:

- ✓ Преговарање са потенцијалним купцима има бољу структуру.
- ✓ Систем за конфигурисање осигурава да је продавац производа прикупио све неопходне информације пре него што је буџетска понуда послата и/или предочена купцу.
- ✓ Употреба предефинисаних вредности значи да је могуће направити ране понуде користећи врло мало информација од купца.
- ✓ Брже се одговара на питања купаца.
- ✓ На скоро све упите купаца се одговори са понудом.
- ✓ Могуће је симулирати различита решења купцу.
- ✓ Систем за конфигурисање може оптимизовати рахладно-термички уређај узимајући у обзир избор претходно произведених делова и избор делова који су израђени од стране других погона предузећа или коопераната.
- ✓ Примена поступака груписања представља нови вид организације генератора варијанти производа, а самим тим и система за конфигурисање, јер се сада велики број подсклопова групише унутар знатно мањег броја комплексних подсклопова и производа.

Употреба система за конфигурисање такође значи да сада особље продаје не мора више да оптерећује специјалисте и инжењере производа како би направили буџетску понуду за купца. Једна од најважнијих користи од имплементације система за конфигурисање сложених производа, јесте да употреба система за конфигурисање омогућава да се у већем обиму искористе искуства која су настала у ранијим имплементацијама система за конфигурисање.

У вези са употребом система за конфигурисање, фокус је све више на дефинисању и употреби комплексних подсклопова који се могу користити у контексту димензионисања индивидуалних делова расхладно-термичког уређаја. Другим речима, расхладно-термички уређаји су димензионисани избором и прилагођавањем комплексних подсклопова који су развијени како би испунили спектар захтева купаца. Комплексни подсклопови који су развијени тако постају предуслов за развој самих система за конфигурисање. У исто време, систем за конфигурисање осигурава да се развијени комплексни подсклопови користе за израду понуда и одговор на упите купаца.

Трошкови за развој система за конфигурисање укључују развој и дефинисање комплексних подсклопова и производа, израду генератора варијанти производа, ЦРЦ картица и модела класе, програмирање система за конфигурисање и цена софтвера. Трошкови функционисања и одржавања система за конфигурисање укључују време потрошено на израду сталних ажурирања генератора варијанти производа, ЦРЦ картица и дијаграма класе, промене у програму и лиценце софтвера.

У производном систему за израду расхладно-термичких уређаја, употребом система за конфигурисање сложених производа применом поступка груписања, време потребно да се израду буџетска понуда је скраћено за 25-50%. Ефекат је још већи када је реч о изради буџетских понуда за расхладно-термичке уређаје који се састоје из свега једног подсклопа (расхладна витрина, топла витрина, каса, итд.)

Развој конфигуратора сложених производа применом поступка груписања изискује више времена и новца за развој у одосу на стандардне системе за конфигурисање који се примењују у већини данашњих предузећа. Међутим, формирањем комплексним подсклопова и производа, дат је нови вид организације генератора варијанти производа и дијаграма класе, чиме се утицало на брже проналажење жељених елемената унутар систем за конфигурисање, што је од посебног значаја када је реч о система који ради са стотинама варијанти производа. На тај начин, у условима рада са великим бројем производа, подсклопова и делова, скраћено је време израде буџетске понуде за купца и у односу на производне система са стандардним системима за конфигурисање.

8 ЛИТЕРАТУРА

- [1] F. Salvador and C. Forza, “Configuring products to address the customization-responsiveness squeeze: A survey of management issues and opportunities,” *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 91, no. 3, pp. 273–291, Oct. 2004.
- [2] B. B. Flynn and E. J. Flynn, “Information-processing alternatives for coping with manufacturing environment complexity - ProQuest,” *Decision Sciences*30.4, 1999. [Online]. Available: <http://search.proquest.com/openview/463ffbce970323c4ce933696e22a52ff/1?pq-origsite=gscholar>. [Accessed: 05-Jan-2016].
- [3] B. Prasad, “Designing products for variety and how to manage complexity,” *J. Prod. Brand Manag.*, vol. 7, no. 3, pp. 208–222, Jun. 1998.
- [4] S. W. Anderson, “Measuring the Impact of Product Mix Heterogeneity on Manufacturing Overhead Cost on JSTOR,” 1995. [Online]. Available: http://www.jstor.org/stable/248530?seq=1#page_scan_tab_contents. [Accessed: 05-Jan-2016].
- [5] M. L. Fisher and C. D. Ittner, “The Impact of Product Variety on Automobile Assembly Operations: Empirical Evidence and Simulation Analysis,” *Manage. Sci.*, vol. 45, no. 6, pp. 771–786, Jun. 1999.
- [6] J. Miller and T. Vollmann, “The hidden factory,” *Harvard ...*, 1985.
- [7] A. Ericsson and G. Erixon, “Controlling Design Variants-The Power of Modularity,” 2000.
- [8] R. Bourke, “Configurators: a status report,” *Apics Perform. Advant.*, 1998.
- [9] M. Stumptner, “An overview of knowledge-based configuration,” *Ai Commun.*, 1997.
- [10] A. Felfernig, G. Friedrich, D. Jannach, and M. Stumptner, “Consistency-based diagnosis of configuration knowledge bases,” *Artif. Intell.*, 2004.
- [11] D. Sabin and R. Weigel, “Product configuration frameworks-a survey,” *IEEE Intell. Syst.*, 1998.
- [12] L. Ardissono, A. Felfernig, G. Friedrich, A. Goy, D. Jannach, G. Petrone, R. Schafer, and M. Zanker, “A Framework for the Development of Personalized, Distributed Web-Based Configuration Systems,” *AI Magazine*, vol. 24, no. 3. p. 93, 15-Sep-2003.
- [13] C. Forza and F. Salvador, *Product information management for mass customization*. 2007.
- [14] L. Hvam, N. H. Mortensen, and J. Riis, *Product Customization*. Springer Science &

- Business Media, 2008.
- [15] M. Aldanondo, G. Moynard, and K. Hamou, “General configurator requirements and modeling elements,” *ECAI Work. Config.*, 2000.
- [16] C. Forza and F. Salvador, “Managing for variety in the order acquisition and fulfilment process: The contribution of product configuration systems,” *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 76, no. 1, pp. 87–98, Mar. 2002.
- [17] J. Tiihonen, T. Soininen, T. Mannisto, and R. Sulonen, *Knowledge Intensive CAD, State of the Practice in Product Configuration - a Survey of 10 Cases in the Finnish Industry*. Boston, MA: Springer US, 1996.
- [18] L. Zhang, C. Lee, and Q. Xu, “Towards product customization: An integrated order fulfillment system,” *Comput. Ind.*, 2010.
- [19] T. Rogoll and F. Piller, “Product configuration from the customer’s perspective: A comparison of configuration systems in the apparel industry,” *Int. Conf. Econ. Tech.*, 2004.
- [20] A. Haug and L. Hvam, “The modelling techniques of a documentation system that supports the development and maintenance of product configuration systems,” *Int. J. Mass Cust.*, Mar. 2007.
- [21] R. S. Farrell and T. W. Simpson, “Product platform design to improve commonality in custom products,” *J. Intell. Manuf.*, vol. 14, no. 6, pp. 541–556.
- [22] M. Muffatto, “Introducing a platform strategy in product development,” *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 60–61, pp. 145–153, Apr. 1999.
- [23] M. H. Meyer and D. Dalal, “Managing platform architectures and manufacturing processes for nonassembled products,” *J. Prod. Innov. Manag.*, vol. 19, no. 4, pp. 277–293, Jul. 2002.
- [24] K. Olsen, P. Sætre, and A. Thorstenson, “A procedure-oriented generic bill of materials,” *Comput. Ind. Eng.*, 1997.
- [25] G. Hedin, L. Ohlsson, and J. McKenna, “Product configuration using object oriented grammars,” *Syst. Config. Manag.*, 1998.
- [26] J. Stark, *Product Lifecycle Management*. Cham: Springer International Publishing, 2015.
- [27] U. Harlou, Technical University of Denmark. Department of Mechanical Engineering, and MEK, *Developing product families based on architectures : contribution to a theory of product families*. Department of Mechanical Engineering, Technical University of Denmark, 2006.

- [28] J. Hsuan, “Impacts of supplier–buyer relationships on modularization in new product development,” *Eur. J. Purch. Supply Manag.*, vol. 5, no. 3–4, pp. 197–209, Sep. 1999.
- [29] B. Agard and M. Tollenaere, “Conception d’assemblages pour la customisation de masse,” *Mécanique Ind.*, vol. 3, no. 2, pp. 113–119, 2002.
- [30] M. T. Frohlich and R. Westbrook, “Arcs of integration: an international study of supply chain strategies,” *J. Oper. Manag.*, vol. 19, no. 2, pp. 185–200, Feb. 2001.
- [31] P. O’Grady and W.-Y. Liang, “An object oriented approach to design with modules,” *Comput. Integr. Manuf. Syst.*, vol. 11, no. 4, pp. 267–283, Oct. 1998.
- [32] G. Q. Huang and K. L. Mak, “The DFX shell: A generic framework for applying ‘Design for X’ (DFX) tools,” *Int. J. Comput. Integr. Manuf.*, vol. 11, no. 6, pp. 475–484, Jan. 1998.
- [33] J. Jiao, Q. Ma, and M. M. Tseng, “Towards high value-added products and services: mass customization and beyond,” *Technovation*, vol. 23, no. 10, pp. 809–821, Oct. 2003.
- [34] D. He, A. Kusiak, and T.-L. Tseng, “Delayed product differentiation: a design and manufacturing perspective,” *Comput. Des.*, vol. 30, no. 2, pp. 105–113, Feb. 1998.
- [35] J. JIAO and M. M. TSENG, “A methodology of developing product family architecture for mass customization,” *J. Intell. Manuf.*, vol. 10, no. 1, pp. 3–20.
- [36] A. H. Eden, “A Theory of Object-Oriented Design,” *Inf. Syst. Front.*, vol. 4, no. 4, pp. 379–391.
- [37] M. Scott and M. Fowler, “UML Distilled: A Brief Guide to the Standard Object Modeling Language,” 2000.
- [38] “UML Resources.” [Online]. Available: <http://www.uml.org/>.
- [39] von der Beeck, B. M., A. P., Rappl, M., and C. Schröder, “Automotive UML: a (meta) model-based approach for systems development,” in *In UML For Real: Design of Embedded Real-Time Systems*, Norwell, MA,: Kluwer Academic Publishers, 2003, pp. 271–299.
- [40] G. Martin, L. Lavagno, and J. Louis-Guerin, “Embedded UML,” in *Proceedings of the ninth international symposium on Hardware/software codesign - CODES ’01*, 2001, pp. 23–28.
- [41] O. Barbarisi, C. Del Vecchio, L. Glielmo, and F. Vasca, “Why adopting UML to model hybrid manufacturing systems?,” in *2004 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (IEEE Cat. No.04CH37583)*, vol. 5, pp. 4324–4329.
- [42] G. Jacucci, G. J. Olling, K. Preiss, and M. J. Wozny, Eds., *Globalization of Manufacturing in the Digital Communications Era of the 21st Century*. Boston, MA: Springer US, 1998.

- [43] C. Ardito, B. R. Barricelli, P. Buono, M. . Costabile, A. Piccinino, S. Valtolina, and L. Zhu, “An Ontology-Based Approach to Product Customization,” in *End-User Development*, vol. 6654, M. F. Costabile, Y. Dittrich, G. Fischer, and A. Piccinno, Eds. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011, pp. 92–106.
- [44] D. Ross, “Integrated Computer-Aided Manufacturing (ICAM).,” 1978.
- [45] B. W. Boehm, “A spiral model of software development and enhancement,” *Computer (Long. Beach. Calif.)*, vol. 21, no. 5, pp. 61–72, May 1988.
- [46] D. Zelenović, “Projektovanje proizvodnih sistema–Tokovi materijala,” *FTN Izd. Novi Sad*, 2003.
- [47] А. Соколовский, *Оценить Технологию машиностроения*. Маšgiz, 1949.
- [48] J. L. Burbidge, “Production flow analysis on the computer.,” in *Third Annual Conference of the Institution of Production Engineers*, 1973.
- [49] J. King and V. Nakornchai, “Machine-component group formation in group technology: review and extension,” *Int. J. Prod.*, 1982.
- [50] J. McAuley, “Machine grouping for efficient production,” 1972.
- [51] A. VANNELLI and K. RAVI KUMAR, “A method for finding minimal bottle-neck cells for grouping part-machine families†,” *Int. J. Prod. Res.*, vol. 24, no. 2, pp. 387–400, Mar. 1986.
- [52] J. L. Burbidge, “The Introduction of Group Technology,” *Halsted Press*, 1975.
- [53] K. R. 1951- Kumar and A. Vannelli, “Strategic subcontracting for efficient disaggregated manufacturing.” Urbana, Ill. : Bureau of Economic and Business Research. College of Commerce and Business Administration, University of Illinois at Urbana-Champaign, 1986.
- [54] W. T. McCormick, P. J. Schweitzer, and T. W. White, “Problem Decomposition and Data Reorganization by a Clustering Technique,” *Oper. Res.*, vol. 20, no. 5, pp. 993–1009, Oct. 1972.
- [55] H. M. Chan and D. A. Milner, “Direct clustering algorithm for group formation in cellular manufacture,” *J. Manuf. Syst.*, vol. 1, no. 1, pp. 65–75, Jan. 1982.
- [56] H. Seifoddini and P. M. Wolfe, “Application of the Similarity Coefficient Method in Group Technology,” *IIE Trans.*, vol. 18, no. 3, pp. 271–277, Sep. 1986.
- [57] D. M. ZELENOVIC, I. P. ĆOSIĆ, D. N. ŠORMAZ, and Z. D. ŠIŠARICA, “An approach to the design of more effective production systems,” *Int. J. Prod. Res.*, vol. 25, no. 1, pp. 3–15, Jan. 1987.

- [58] S. Mitrofanov, “Nauchnye Osnovy Gruppovoy Tekhnologii,” *Lenizdat, Leningrad, Russ.*, 1959.
- [59] H. Opitz, W. Eversheim, and H. P. Wiendahl, “Workpiece classification and its industrial application,” *Int. J. Mach. Tool Des. Res.*, vol. 9, no. 1, pp. 39–50, Mar. 1969.
- [60] A. Carrie, “Numerical taxonomy applied to group technology and plant layout,” *Int. J. Prod. ...*, 1973.
- [61] F. Choobineh, “A framework for the design of cellular manufacturing systems,” *Int. J. Prod. Res.*, 1988.
- [62] K. S. Ravichandran and K. Chandra Sekhara Rao, “A New Approach to Fuzzy Part-Family Formation in Cellular Manufacturing Systems,” *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 18, no. 8, pp. 591–597, Oct. 2001.
- [63] J. DE WITTE, “The use of similarity coefficients in production flow analysis,” *Int. J. Prod. Res.*, Mar. 2007.
- [64] K. Yasuda and Y. Yin, “A dissimilarity measure for solving the cell formation problem in cellular manufacturing,” *Comput. Ind. Eng.*, vol. 39, no. 1–2, pp. 1–17, Feb. 2001.
- [65] K. Ravi Kumar, A. Kusiak, and A. Vannelli, “Grouping of parts and components in flexible manufacturing systems,” *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 24, no. 3, pp. 387–397, Mar. 1986.
- [66] A. Kusiak and W. S. Chow, “Efficient solving of the group technology problem,” *J. Manuf. Syst.*, vol. 6, no. 2, pp. 117–124, Jan. 1987.
- [67] A. KUSIAK, “The generalized group technology concept,” *Int. J. Prod. Res.*, vol. 25, no. 4, pp. 561–569, Apr. 1987.
- [68] S. J. Deutsch, S. F. Freeman, and M. Helander, “Manufacturing cell formation using an improved P-median model,” *Comput. Ind. Eng.*, vol. 34, no. 1, pp. 135–146, Jan. 1998.
- [69] Y. Won, “New p-median approach to cell formation with alternative process plans,” *Int. J. Prod. Res.*, vol. 38, no. 1, pp. 229–240, Jan. 2000.
- [70] H. Hwang and Y. H. Oh, “Another similarity coefficient for the p-median model in group technology,” *Int. J. Manuf. Technol. Manag.*, Jan. 2003.
- [71] Y. Won and K. R. Currie, “Efficient p -median mathematical programming approaches to machine-part grouping in group technology manufacturing,” *Eng. Optim.*, vol. 36, no. 5, pp. 555–573, Oct. 2004.
- [72] D. Zelenović, I. Ćosić, M. Šormaz, and Z. Šišarica, *APOPS-08 Automatizovani postupak za oblikovanje proizvodnih struktura*. Novi Sad, Srbija: FTN OOUR Institut za

- industrijske sisteme, 1986.
- [73] A. Kusiak, *Intelligent Manufacturing Systems*. NJ 007675, USA: Prentice Hall Press, 200 Old Tappan Road, Old Tappan, 1990.
- [74] J. R. KING, “Machine-component grouping in production flow analysis: an approach using a rank order clustering algorithm,” <http://dx.doi.org/10.1080/00207548008919662>, 2007.
- [75] A. Kusiak and W. Chow, “An efficient cluster identification algorithm,” *IEEE Trans. Syst. man*, 1987.
- [76] R. C. T. Lee, “Clustering Analysis and Its Applications,” in *Advances in Information Systems Science*, Boston, MA: Springer US, 1981, pp. 169–292.
- [77] T. Arthanari and Y. Dodge, “Mathematical programming in statistics,” 1981.
- [78] A. Kusiak, A. Vannelli, and K. R. Kumar, “Clustering Analysis: Models and Algorithms,” *Control Cybern.* 15 139-54, 1986.
- [79] J. Ribeiro, “Manufacturing Cells Formation Based on Graph Coloring,” *J. Serv. Sci. Manag.*, 2010.
- [80] E. W. Dijkstra, “A note on two problems in connexion with graphs,” *Numer. Math.*, vol. 1, no. 1, pp. 269–271, Dec. 1959.
- [81] J. Holland, *Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control and Artificial Intelligence*. Cambridge: MIT Press, 1992.
- [82] L. E. Agustín-Blas, S. Salcedo-Sanz, E. G. Ortiz-García, A. Portilla-Figueras, Á. M. Pérez-Bellido, and S. Jiménez-Fernández, “Team formation based on group technology: A hybrid grouping genetic algorithm approach,” *Comput. Oper. Res.*, vol. 38, no. 2, pp. 484–495, 2011.
- [83] S. Guo, B. Du, Z. Peng, X. Huang, and Y. Li, “Manufacturing resource combinatorial optimization for large complex equipment in group manufacturing: A cluster-based genetic algorithm,” *Mechatronics*, vol. 31, pp. 101–115, Oct. 2015.
- [84] S. A. Irani, *Handbook of Cellular Manufacturing Systems*, vol. 8. John Wiley & Sons, 1999.
- [85] A. Baykasoglu, “Capability-based distributed layout approach for virtual manufacturing cells,” *Int. J. Prod. Res.*, 2003.
- [86] M. Dorigo, V. Maniezzo, and A. Colomi, “Ant system: optimization by a colony of cooperating agents,” *IEEE Trans.*, 1996.
- [87] C. Liao, Y. Tsai, and C. Chao, “An ant colony optimization algorithm for setup

- coordination in a two-stage production system,” *Appl. Soft Comput.*, 2011.
- [88] T. Keskinurk, M. Yildirim, and M. Barut, “An ant colony optimization algorithm for load balancing in parallel machines with sequence-dependent setup times,” *Comput. Oper. Res.*, 2012.
- [89] P. Yin and J. Wang, “Ant colony optimization for the nonlinear resource allocation problem,” *Appl. Math. Comput.*, 2006.
- [90] F. Chan and R. Swarnkar, “Ant colony optimization approach to a fuzzy goal programming model for a machine tool selection and operation allocation problem in an FMS,” *Robot. Comput. Integr. Manuf.*, 2006.
- [91] M. Solimanpur, P. Vrat, and R. Shankar, “Ant colony optimization algorithm to the inter-cell layout problem in cellular manufacturing,” *Eur. J. Oper.*, 2004.
- [92] S. Kesen, M. Toksari, Z. Güngör, and E. Güner, “Analyzing the behaviors of virtual cells (VCs) and traditional manufacturing systems: ant colony optimization (ACO)-based metamodels,” *Comput. Oper.*, 2009.
- [93] M. Hamed, G. Esmaeilian, and N. Ismail, “Capability-based virtual cellular manufacturing systems formation in dual-resource constrained settings using Tabu Search,” *Comput. Ind.*, 2012.
- [94] L. Hvam, “A procedure for building product models,” *Robot. Comput. Integr. Manuf.*, vol. 15, no. 1, pp. 77–87, Feb. 1999.
- [95] D. Bellin and S. S. Simone, “The CRC card book,” Jun. 1997.
- [96] L. Hvam, J. Riis, and B. L. Hansen, “CRC cards for product modelling,” *Comput. Ind.*, vol. 50, no. 1, pp. 57–70, Jan. 2003.
- [97] I. Graham, A. O’Callaghan, and A. Wills, *Object-oriented methods: principles & practice*. 2001.
- [98] S. M. Urošević, *Tipška i grupna tehnologija u metalnoj industriji*. Beograd: Institut za alatne mašine i alate, 1967.