

UNIVERZA V LJUBLJANI
Ekonomska fakulteta

Magistrska naloga

Računalniško podprt večparameterski
odločitveni model za ugotavljanje problemov
izdelkov v razvojni fazi

Ljubljana, september 2004

Gregor Verč

IZJAVA

Študent Gregor Verč izjavljam, da sem avtor tega magistrskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom prof. dr. Vladislava Rajkoviča in skladno s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorskih in sorodnih pravicah dovolim objavo magistrskega dela na fakultetnih spletnih straneh.

V Ljubljani, 1. september 2004

Povzetek

V magistrski nalogi je predstavljena vloga laboratorijskega preskušanja izdelkov v podjetju, dobavitelju avtomobilski industriji.

S kritično analizo različnih metodologij razvijanja izdelkov ter analize obstoječega stanja v podjetju smo v sklopu naloge izdelali delujoč prototip računalniškega podatkovnega modela, ki smo ga nadgradili z večkriterijskim odločitvenim modelom. Nadgradnja omogoča analizo kritičnosti razvojnih projektov na osnovi realnih podatkov – rezultatov laboratorijskih testiranj.

Izdelani prototip podatkovnega ter večkriterijskega odločitvenega modela smo kritično ovrednotili z vzorčnimi podatki. V diskusiji smo preverili prednosti in slabosti tako podatkovnega kot odločitvenega modela ter nakazali izhodišča za nadaljnji razvoj prototipa.

Ključne besede:

avtomobilska industrija, razvijanje izdelkov, laboratorijsko preskušanje, večparameterski odločitveni proces, odločitveni proces, prototipni podatkovni model.

Summary

The M.Sc. thesis deals with the role of laboratory testing of products in a company that is a supplier in car industry.

In scope of the thesis an operating prototype of data model has been made by means of an analysis of various methodologies of product development and analysis of the current situation in the company. The model has been also upgraded by a multiple-criteria decision-making model. The upgrade enables analysis of critical points of development projects based on real data – results of laboratory testing.

The elaborated prototype of data and multiple-criteria decision-making model has been critically evaluated by sample data. Advantages and weaknesses of the data and decision-making model have been checked in a discussion and starting points for further development of the prototype determined.

Key words:

automotive industry, product development, laboratory testing, multi-parameter decision-making process, decision-making process, prototype data model.

KAZALO

1	UVOD	1
1.1	Izhodišča raziskave in delovna hipoteza	1
1.2	Cilj in namen raziskave	2
1.3	Metode dela	3
2	RAZVIJANJE IZDELKOV V AVTOMOBILSKI INDUSTRIJI	4
2.1	Uvod v pregled konceptov razvijanja izdelkov	4
2.2	Sistem zagotavljanja kakovosti QS-9000	6
2.2.1	Osnove koncepta QS-9000	6
2.2.2	Advanced Product Quality Planning and Control Plan - APQP	6
2.2.2.1	Osnove načrtovanja kakovosti izdelka	8
2.2.2.2	Terminski načrt načrtovanja kakovosti izdelka	10
2.2.2.3	Načrtovanje	11
2.2.2.4	Konstrukcija in razvoj izdelka	12
2.2.2.5	Razvoj procesa	14
2.2.2.6	Validacija izdelka in procesa	15
2.2.2.7	Ocena povratnih informacij in izvajanje korektivnih ukrepov	16
2.3	Sistem zagotavljanja kakovosti VDA	17
2.3.1	Osnove koncepta VDA za razvijanja izdelkov	17
2.3.1.1	Zasnova	19
2.3.1.2	Razvoj izdelka in njegovo verificiranje	20
2.3.1.3	Načrtovanje in verificiranje produkcijskega procesa	20
2.3.1.4	Prevzem izdelka s strani kupca	20
2.3.1.5	Nabava produkcijskih virov	20
2.3.1.6	Serijska proizvodnja	21
2.3.1.7	Proces neprestanega izboljševanja	21
2.3.2	Mejniki in kontrolni seznam	21
2.4	Sistem razvijanja izdelkov v mednarodnem podjetju, dobavitelju v avtomobilski industriji	22
2.4.1	Razporeditev dela	23
2.4.2	Pregled opravljenega dela s strani vodstva	24

2.4.3	Organizacija.....	24
2.4.4	Faza pridobivanja posla.....	25
2.4.4.1	Izdelava ponudbe	26
2.4.4.1.1	Analiza kupčevih zahtev	26
2.4.4.1.2	Termini	26
2.4.4.1.3	Kakovost.....	26
2.4.4.1.4	Predkalkulacija	27
2.4.5	Faza razvoja izdelka	27
2.4.5.1	Cilji projekta	27
2.4.5.2	Razvoj izdelka	28
2.4.6	Faza industrializacije	30
2.4.7	Zaključna faza.....	32
2.5	Pomen laboratorijskega testiranja izdelkov	32
2.5.1	Preskušanje v predrazvoju	33
2.5.2	Preskušanje prototipnih izdelkov	34
2.5.3	Preskušanje prvih vzorcev	34
2.5.4	Kvalifikacija izdelka.....	35
2.5.5	Periodično preskušanje izdelkov v proizvodnji.....	35
2.5.6	Ugotavljanje odstopanj karakteristik izdelkov v redni proizvodnji.....	35
2.5.7	Sklep.....	36
3	VEČKRITERIJSKO ODLOČANJE	37
3.1	Odločanje.....	37
3.1.1	Pogoji za učinkovito odločanje.....	41
3.2	Ekspertni sistemi.....	45
3.2.1	Uvod	45
3.2.2	Zgradba ekspertnega sistema	48
3.3	Večkriterijsko odločanje – osnovni pojmi	50
3.4	Pregled teoretskih smeri večkriterijske analize	51
3.5	Večparameterski odločitveni model	53
3.6	Faze odločitvenega procesa pri večkriterijskem odločitvenem modelu.....	54
4	PODATKOVNI MODEL.....	55
4.1	Analiza procesa dela v laboratoriju	55
4.1.1	Zatečeno stanje	55
4.1.2	Predlog novega stanja – izdelava prototipa podatkovnega modela	58

4.2	Določitev zahtev na podlagi analize delovnega procesa.....	59
4.2.1	Informacije, ki jih mora naročnik - uporabnik laboratorijskih storitev posredovati vodji laboratorija	59
4.2.2	Informacije, ki jih mora vodja laboratorija posredovati sodelavcu, ki izvaja posamezna preskušanja	60
4.2.3	Informacije, ki jih izvajalec posameznega preskušanja posreduje vodji laboratorija	61
4.2.4	Informacije, ki jih vodja laboratorija posreduje uporabniku laboratorijskih storitev	62
4.3	Konstrukcija podatkovnega modela na podlagi prepoznanih zahtev	62
4.4	Opis delovanja prototipa laboratorijskega informacijskega sistema	65
4.4.1	Zajem podatkov	65
4.4.1.1	Podatki o sodelavcih in napravah	65
4.4.1.2	Podatki o standardih	65
4.4.1.3	Podatki o naročilu	66
4.4.1.4	Podatki o posameznem preskusu	70
4.4.2	Analiza	74
4.4.2.1	Analiza agregiranih kazalcev kakovostne, stroškovne in terminske učinkovitosti	74
4.4.2.2	Večparameterski odločitveni model	80
5	KRITIČNA ANALIZA TER TESTIRANJE PODATKOVNEGA TER ODLOČITVENEGA MODELA	84
5.1	Variante	84
5.1.1	Glavni žaromet	85
5.1.2	Žaromet za meglo	85
5.1.3	Zadnja združena svetilka	86
5.1.4	Enofunkcijske svetilke	86
5.2	Preverjanje delovanja v prototipu implementiranega podatkovnega modela ..	87
5.3	Preverjanje delovanja v prototipu implemetniranega odločitvenega modela ..	88
6	DISKUSIJA	91
6.1	Prednosti in slabosti podatkovnega modela	91
6.1.1	Prednosti	91
6.1.2	Slabosti	92
6.2	Prednosti in slabosti večkriterijskega odločitvenega modela	93
6.2.1	Prednosti	93

6.2.2	Slabosti	94
6.3	Možne smeri razvoja sistema	95
7	SKLEP	97
8	LITERATURA	99
9	VIRI	103
10	SLOVAR UPORABLJENIH TUJIH IZRAZOV.....	1
11	KAZALO SLIK.....	2
12	PRILOGA A: PODATKOVNI MODEL, IZPISAN V OKOLJU MS ACCESS	4
13	PRILOGA B: PREGLED PRESKUSOV UPORABLJENIH ZA PREVERJANJE DELOVANJA PROTOTIPA	5
14	PRILOGA C: IZPIS REZULTATOV VREDNOTENJA TESTNIH PODATKOV Z VEČPARAMETERSKIM ODLOČITVENIM MODELOM	15

1 Uvod

1.1 Izhodišča raziskave in delovna hipoteza

Poslovanje podjetij je z vse večjo uvedbo računalniških tehnologij postalo dinamičnejše. Kupci zahtevajo kratke odzivne róke, na svoje predloge želijo kakovostne rešitve in učinkovito obveščanje o opravljenih aktivnostih.

Podjetja – dobavitelji se na povečane zahteve odzivajo s preureditvijo organizacije, z uvajanjem novih tehnologij in z izboljševanjem starih. Prilagajanje praviloma poteka neprekinjeno, saj razvoj narekuje vedno nove in nove izzive, ki jih je potrebno izpolnjevati.

Podjetja se morajo v spremenjenih okoliščinah prilagoditi ter spremeniti organizacijo kot tudi metode dela, ki ne ustrezajo več dinamiki dela. Nove metode morajo zagotoviti kar se da ažurno in učinkovito obveščanje o parameterih poslovnega procesa, ki so pomembni za uspešnost poslovanja podjetja. Le s kvalitetno in pravočasno informacijo lahko poslovodstvo usmerja podjetje v razburkanem poslovnem okolju.

V nalogi je obravnavano podjetje, ki deluje v avtomobilski panogi. Zanj je značilno, da se v njej hitro uveljavijo tehnične novosti, ki so bile bodisi namensko razvite ali so v avtomobilsko panogo prišle od drugod.

Podjetje že vrsto let drži korak in sledi spremembam, ki jih s seboj prinaša spremenjeno poslovno okolje. Nove, višje zahteve postavljajo izzive celotni organizaciji kot tudi posameznim sistemom, ki v hitro razvijajočem se tehnološkem okolju lahko izgubijo prvotno fleksibilnost in učinkovitost. Slednje zavzema informacijski sistem, programska orodja za konstrukcijo izdelkov, stroje in naprave, tehnologijo kot tudi ostala znanja in opremo, ki je potrebna za izvajanje nalog (npr. ostala programska oprema, merilna sredstva, priprave ipd.).

Podrobneje želim obdelati informacijske procese v kontrolnem laboratoriju.

Poslanstvo laboratorija je servisna dejavnost preskušanja, kontrole in raziskav za dejavnosti drugih služb v podjetju.

Opisana dejavnost se izvaja:

- z izvajanjem funkcionalnih preskušanj izdelkov, ki so v razvoju, na podlagi predloga kontrolnega plana,
- z izvajanjem periodičnih preskusov izdelkov iz redne proizvodnje na podlagi izdelanega kontrolnega plana,

-
- s kontrolo parametrov linij v proizvodnem procesu, za katere je potrebno redno spremljanje večinoma kemijskih veličin,
 - z omogočanjem uporabe opreme zainteresiranim internim uporabnikom.

V nalogi se bomo osredotočili na razvojni vidik dela. V laboratoriju se zbirajo prve informacije o ustreznosti in problemih, ki se pojavljajo na prvih kosih. Prve kose imenujemo tiste izdelke, ki jih že lahko izdelamo iz posameznih sestavnih delov, le-ti pa so izdelani pod produkcijskimi pogoji.

Informacije o lastnostih takih izdelkov, le-te dobimo pri testiranjih, so (lahko) dragoceno priporočilo vsem, ki sodelujejo pri posameznem projektu. Neupoštevanje tako pridobljenih podatkov lahko povzroči nepredvidljive posledice, kar neobhodno vpliva na kakovostno, stroškovno ter terminsko uspešnost projekta.

Glede na zastavljeni cilj lahko oblikujemo naslednje delovne hipoteze:

- z ustrezno zasnovo informacijskega sistema lahko zaznamo razvojne probleme, ki se pokažejo šele v fazi preskušanja prototipov oz. prvih vzorcev,
- na podlagi zbranih podatkov lahko z metodami večkriterijskega odločanja prepoznamo pomembnejše probleme pri razvoju izdelkov,
- z ustrezno obliko poročanja lahko omogočimo enostavnejši pregled nad problematičnostjo posameznih razvojnih projektov,
- ocenjevanje problematičnosti temelji na dejanskih podatkih preskušanj.

Na osnovi postavljenih delovnih hipotez lahko definiramo glavna cilja raziskave.

1.2 Cilj in namen raziskave

Glavna cilja raziskave sta:

- izdelati sistem zbiranja informacij povezanih z razvojnimi projekti v laboratoriju,
- na podlagi takega načina zbiranja informacij izdelati v informacijski sistem integrirani večkriterijski odločitveni model, ki omogoča zgodnje prepoznavanje problemov pri razvojnih projektih.

Za dosego teh ciljev želimo:

- določiti osnovni namen informacijskega sistema,
- opredeliti informacije, ki so relevantne za doseganje namena,
- izdelati informacijski sistem, ki bo omogočal zajem relevantnih informacij,
- opredeliti kriterije (kvantitativne in/ali kvalitativne), ki odražajo problematičnost določenega razvojnega projekta,
- definirati funkcijo koristnosti,
- izdelati večkriterijski odločitveni model za vrednotenje problematičnosti razvojnih projektov,
- opredeliti vlogo informacijskega sistema v funkcijah vodenja laboratorija ter vodenja razvoja izdelkov,
- izdelati in preskusiti prototip informacijskega sistema z integriranim odločitvenim modelom.

Prispevek k znanosti je preizkušen informacijski sistem za prepoznavanje problemov pri razvoju novih izdelkov na podlagi sprotne spremljanja laboratorijskih rezultatov. Sistem je namenjen kot pomoč vodenju laboratorija ter vir abstrahiranih informacij vodstvu razvoja izdelkov.

Uvedba laboratorijskega informacijskega sistema omogoča sprotno spremljanje učinkovitosti virov v laboratoriju kot tudi zaznavanje razvojnih projektov z znatnimi problemi v razvoju.

1.3 Metode dela

Pri proučevanju vsebine smo uporabili naslednje metode in tehnike raziskovanja:

- študij teorije organizacije, poslovanja in informacijske tehnologije,
- analizo dosedanjih informacijskih tokov v laboratoriju,
- izgradnjo prototipa informacijskega sistema z integriranim odločitvenim modelom,
- verifikacijo in validacijo informacijskega sistema ter odločitvenega modela.

2 Razvijanje izdelkov v avtomobilski industriji

2.1 Uvod v pregled konceptov razvijanja izdelkov

Razvoj ter proizvodnja v avtomobilski industriji sta sestavljena iz zapletenega procesa usklajevanja velikega števila aktivnosti, v katerega je vključeno veliko število sodelujočih. Avtomobil, sestav več sto različnih sestavnih delov, mora delovati brezhibno kot enovit in kvaliteten proizvod.

Proizvodnja avtomobilov se je začela večinoma v posameznih manufakturah na prelomu devetnajstega in dvajsetega stoletja. Delavnice so kupovale takrat dostopne vhodne materiale ter večino potrebnih polizdelkov ročno izdelale same. Z industrializacijo proizvodnje je proces izdelave polizdelkov ter njihovega razvoja postajal bolj zapleten. Za doseg skupnega cilja je bilo potrebno koordinirati več vzporednih razvojnih procesov. Zagotoviti je bilo potrebno, da so vsi izdelki vgrajeni v avtomobil med seboj skladni ter ustrezne kakovosti. Podjetja so razvila interna navodila razvijanja izdelkov. Bistvo vseh postopkov razvijanja izdelkov so zahteve za zagotavljanje celovite kakovosti. Z normativnimi predpisi, katerih upoštevanje je obvezno za vse dobavitelje, želijo doseči, da so vsi vgrajeni polizdelki proizvedeni kakovostno, iz kakovostnih surovin, v stabilnih proizvodnih procesih.

Pomembno je, da zahteve veljajo za vse dobavitelje enako. Neustrezna kakovost samo enega, lahko še tako funkcionalno nepomembnega, a estetsko vidnega polizdelka postavi v slabo luč napore več tisočev razvijalcev ostalih komponent, ki so svoje delo opravili kvalitetno.

Težnja po poenotenju razvojnih postopkov se je v avtomobilski industriji pojavila dokaj pozno. Veliki avtomobilski proizvajalci so od svojih dobaviteljev zahtevali, da razvoj posameznih sestavnih delov poteka skladno z metodologijo, ki so jo predpisali. Uporaba enake metodologije razvoja je pogoj za lažji pregled stanja razvojnega procesa posameznega izdelka.

V avtomobilski industriji poleg več manjših poznamo dva velika sistema za zagotavljanje kakovosti. Z njima se praviloma srečujejo vsi dobavitelji v avtomobilski industriji. Obsežnejši je QS Quality System, ki se je razvil kot plod skupnega sodelovanja treh velikih avtomobilskih proizvajalcev – Chrysler Corporation, Ford Motor Company in General Motors Corporation. Sistem se široko uporablja. Pokriva vse aktivnosti podjetja v avtomobilski industriji, ne samo razvoja izdelkov. Sestavljen je iz več enot. V nadaljevanju si bomo pogloblje pogledali Advanced Product Quality Planning (APQP), ki je namenjen zagotavljanju kakovosti izdelkov v razvojni fazi.

Drugi veliki sistem predstavljajo priporočila - zahteve, definirane v sklopu združenja nemške avtomobilske industrije VDA.¹ Gre za sistem kakovosti, ki podobno kot QS pokriva vse aktivnosti podjetja, v posebnem delu, točki *4.3 Zagotavljanje kakovosti pred serijsko izdelavo – projektno planiranje*,² pa svetuje in predvideva aktivnosti, ki naj bi pomagale pri poenotenju razvojnega procesa v celotni nabavni verigi.

Poleg omenjenih dveh velikih sistemov obstaja več drugih, ki so praviloma omejeni na posameznega avtomobilskega proizvajalca.

Naloga dobaviteljev je, da se prilagodijo zahtevam svojih kupcev tudi na področju sistemov za zagotavljanje kakovosti. V nadaljevanju si bomo ogledali osnovne koncepte obeh velikih sistemov. V zaključku bom predstavili modificiran razvojni postopek, ki je bil izdelan kot unija zahtev večine kupcev v avtomobilski industriji. Z njegovo konsekventno uporabo se je tako mogoče prilagoditi vsem zahtevam, ki jih različni kupci postavljajo dobaviteljem.

Nastal je v večjem mednarodnem podjetju, ki se ukvarja z izdelavo svetlobne opreme za avtomobilsko industrijo. Sistematično poskuša zajeti vse aktivnosti v razvojnem procesu ter zagotoviti nadzor nad stroškovnim, kvalitativnim ter terminskim vidikom izvajanja teh aktivnosti.

Namen predstavitve omenjenih treh konceptov ni poglobljena analiza vsakega izmed njih, temveč zgolj primerjava osnovnih značilnosti vsakega izmed njih kot specifična razvoja izdelkov v avtomobilski industriji.

V zaključku poglavja bomo osvetlili pomen preskušanja lastnosti izdelkov v sklopu celotnega razvojnega procesa.

¹ VDA – Verband der Automobilindustrie – združenje avtomobilske industrije

² 4.3 Sicherung der Qualität vor Serieneinsatz [VDA 4.3, 1998]

2.2 Sistem zagotavljanja kakovosti QS-9000

2.2.1 Osnove koncepta QS-9000

DaimlerChrysler, Ford Motor Company in General Motors so konec osemdesetih let spoznali, da na področju severne Amerike le težko obstajajo tri različni sistemi za zagotavljanje kakovosti. Podobno kot prej v Nemčiji so prišli do odločitve, da je potrebno sisteme za zagotavljanje kakovosti poenotiti in s tem zmanjšati stroške v nabavni verigi. Leta 1990 je bila ustanovljena ASQC/AIAG³ Quality Task Force. Njen namen je bil poenotenje programov za oceno dobaviteljev. Istega leta je izšel že prvi v vrsti skupnih standardov, ki ga je izdala omenjena delovna skupina – Measurement System Analysis Reference Manual. V naslednjih letih je sledilo še 6 standardov, ki skupaj predstavljajo temelje zagotavljanja kakovosti po sistemu QS.⁴

Delovna skupina, ki se je leta 1993 preimenovala v Supplier Quality Requirements Task Force (SQRTF), je še naprej odgovorna za avtorstvo in vsebino QS-9000 in povezanih referenčnih standardov ter določanje politik in postopkov v okviru programa QS-9000 [AIAG, 2003c].

Pred uvedbo enotnih, skupnih standardov za zagotavljanje kakovosti je vsako od velikih treh podjetij od svojih dobaviteljev zahtevalo ravnanje v skladu s posebnimi, za vsako podjetje lastnimi zahtevami za kakovost. S poenotenjem so uspeli potrebno delo občutno racionalizirati.

2.2.2 Advanced Product Quality Planning and Control Plan - APQP

V nadaljevanju se bomo osredotočili zgolj na tisti del sistema QS, ki se posebej posveča razvijanju izdelkov oz. storitev. Zaradi preglednosti bomo v nadaljevanju s pojmom izdelek obravnavali tako storitev kot izdelek.

³ ASQC – American Society for Quality Control – vodilna ameriška ustanova, ki se ukvarja z zagotavljanjem kakovosti. Njeni člani so bili v preteklosti pobudniki večine metod zagotavljanja kakovosti: SPC – Statistical Process Control, QCMC – Quality Cost Measurement and Control, TQM – Total Quality Management, Failure Analysis [ASQC, 2003].

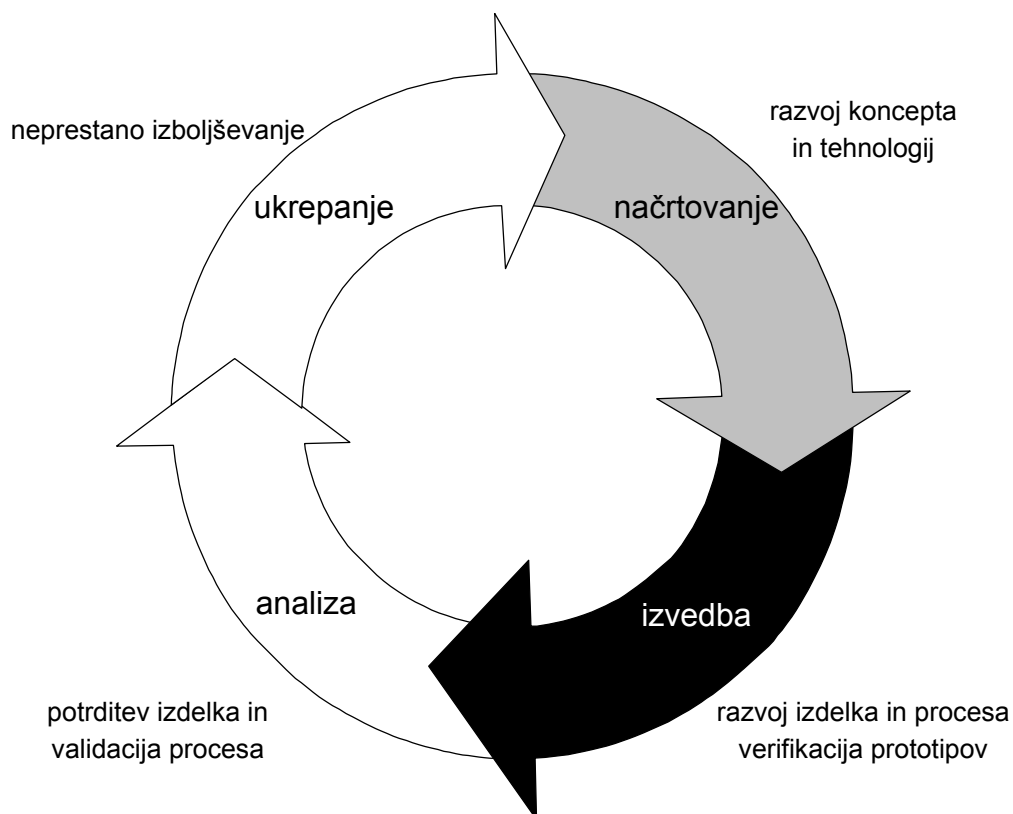
AIAG – Automotive Industry Action Group. Leta 1982 ustanovljeno združenje 1500 podjetij, ki se združujejo z namenom odprtega dialoga o temah, kritičnih za avtomobilsko nabavno verigo [AIAG, 2003b].

⁴ MSA – Measurement System Analysis Reference Manual (1990), PPAP – Production Part Approval (1993), FMEA – Failure Mode and Effect Analysis (1993), APQP – Advanced Product Quality Planning and Control Plan (1994), QS-9000 – Quality System Requirements (1994), QSA – Quality System Assessments (1994) [AIAG, 2003a].

Kot smo že omenili, je v preteklosti vsak od velikih treh ameriških sistemov vzdrževal svoj način zagotavljanja kakovosti v procesu, kar je vodilo k povečanju potreb po virih pri poddobaviteljih, ki so običajno dostavljali svoje proizvode vsem trem sistemom. Da bi zmanjšali nepotrebno ter ponavljajoče se delo, je prišlo do dogovora ter razvoja skupnega kakovostnega standarda.

Namen standarda je posredovati smernice za izdelavo kontrolnega načrta za izdelek, ki naj bi pomagal pri razvoju izdelka oz. storitve v polno zadovoljstvo kupca. Predvideni učinki uporabe smernic iz standarda so predvsem v zmanjšanju kompleksnosti pri zagotavljanju kakovosti pri kupcih in dobaviteljih ter olajšano posredovanje zahtev – komuniciranje glede kakovosti med kupci in dobavitelji.

Slika 1: Cikel načrtovanja kakovosti izdelka [APQP, 1995].



Osnovo idejo planiranja kakovosti razvoja izdelka oz. storitve predstavlja cikel načrtovanja kakovosti izdelka. Posamezne faze v razvoju izdelka si sledijo v smiselnem zaporedju, kot je označeno v shemi cikla. Namen cikla je poudariti pomen predhodnega načrtovanja za bodoče aktivnosti. Prve tri četrtine so namenjene vnaprejšnjemu načrtovanju kakovosti ter predvidevajo oceno tehnološkega procesa

oz. konstrukcije izdelka. V zadnji, četrti fazi, poskušamo z oceno rezultatov razvojnega procesa ugotoviti, ali so bili naši kupci zadovoljni z izvedenim. S pomočjo analiziranega lahko pripomoremo k načrtovanju kakovosti pri nadaljnjih, kasnejših projektih in tako podpiramo sistem neprestanega izboljševanja, ki ga standardi predvidevajo.

2.2.2.1 Osnove načrtovanja kakovosti izdelka

Načrtovanje kakovosti izdelka je strukturiran proces, v katerem so predpisane metode in postopki, ki jih je potrebno izvesti, če želimo zadovoljiti pričakovanja kupca. Cilj načrtovanja kakovosti je olajšati komunikacijo med vsemi vpletenimi pri nastajanju izdelka ter zagotoviti, da bodo v zastavljenem roku izvedeni vsi zahtevani koraki.

Prednosti, ki jih tako izvedeno načrtovanje omogoča, so:

- usmerjanje razpoložljivih virov v zagotavljanje zadovoljstva kupca,
- pospeševanje zgodnje identifikacije potrebnih sprememb,
- izogibanje spremembam v kasnejših fazah projekta,
- zagotavljanje kvalitetnega izdelka v želenem roku ob minimalnih stroških.

Za vsak izdelek je potrebno izdelati svoj kontrolni načrt kakovosti,⁵ ki je v načelu specifičen za izdelek. Pri njegovi izdelavi je potrebno upoštevati posebne kupčeve želje in pričakovanja ter temu primerno prilagoditi zaporedje izvajanja posameznih akcij.

Prvi korak pri načrtovanju kakovosti je prenos odgovornosti na medfunkcijsko projektno skupino.⁶ Učinkovitost načrtovanja kakovosti zahteva, da so v skupino smiselno vključeni predstavniki konstrukcijskega oddelka, proizvodnje, vhodne kontrole, nabave, službe za zagotavljanje kakovosti, prodaje, službe za reklamacije, poddobaviteljev ter kupcev.

V tej najzgodnejši fazi razvoja je potrebno v podrobnostih prepoznati kupčeve želje, pričakovanja in zahteve.

Projektna skupina mora na začetku:

- določiti vodjo, ki ima nadzor nad procesom načrtovanja, (v določenih primerih je smiselno, da se člani skupine izmenjujejo v funkciji vodje),
- definirati vlogo in odgovornosti predstavnika posameznega področja,
- definirati kupca (zunanjega oz. notranjega),

⁵ Product Quality Plan

⁶ Standard APQP za projektno skupino uporablja izraz »Product Quality Planning Team«. Zaradi preglednosti in smiselne uporabe bomo v nadaljevanju uporabljali zgolj naziv »projektna skupina«.

-
- določiti tista področja, posameznike ali poddobavitelje, ki bi jih bilo še potrebno pritegniti k sodelovanju v skupini,
 - popolnoma razumeti kupčeva pričakovanja glede konstrukcije izdelka, funkcionalnih in estetskih zahtev ter uskladiti preskušanja, s katerimi se bodo te lastnosti preverjale,
 - oceniti izvedljivost predlagane konstrukcije ter zmožnost izpolnitve predlaganih zahtev ter izvedbo v serijski proizvodnji,
 - definirati obseg stroškov, roke ter ostale omejitve, ki jih je potrebno upoštevati med procesom razvoja izdelka,
 - definirati pomoč, ki jo pri procesu pričakujemo od kupca,
 - določiti način ali metodo dokumentiranja opravljenega dela na projektu.

Pomembno je, da se že na začetku razvoja ustvarijo komunikacijski kanali med projektnimi skupinami dobavitelja in kupca oz. dobavitelja in njegovih poddobaviteljev. Podobno, kot kupci pričakujejo pregleden in nadzorovan proces načrtovanja kakovosti izdelka, tudi dobavitelji od svojih poddobaviteljev upravičeno pričakujejo enako.

S sočasnim inženirstvom,⁷ pri katerem skupine, ki so sestavljene iz predstavnikov različnih poslovnih funkcij, paralelno strmijo k istemu cilju, želimo pospešiti proces ter pravočasno zagotoviti ustrezno kakovost. Alternativa sočasnemu inženirstvu je zaporedje faz, ko posamezne skupine zaporedno predajajo delo v naslednjo stopnjo izvajanja. Pri takem načinu dela je popravljanje napak, storjenih v prejšnjih fazah, močno oteženo.

Metoda načrtovanja kakovosti predvideva, da se za izdelek in proces izdelajo kontrolni načrti. Gre za zbir pisnih navodil, s katerimi se preverja izdelek oz. proces. Sistem QS pozna tri ločene kontrolne načrte in sicer za prototipne izdelke, za izdelke v predseriji ter izdelke, ki so že v redni proizvodnji. Prva dva v grobem povzemata navodila za preskušanje dimenzijske ustreznosti ter funkcijsko preskušanje, ki je predvideno za prototipne izdelke oz. izdelke iz predserije. Kontrolni načrt za izdelke iz serije opisuje polno preverjanje izdelčnih ter procesnih parametrov, preverjanje procesa ter merskih sistemov, ki jih je potrebno nadzorovati oz. izvajati med redno proizvodnjo.

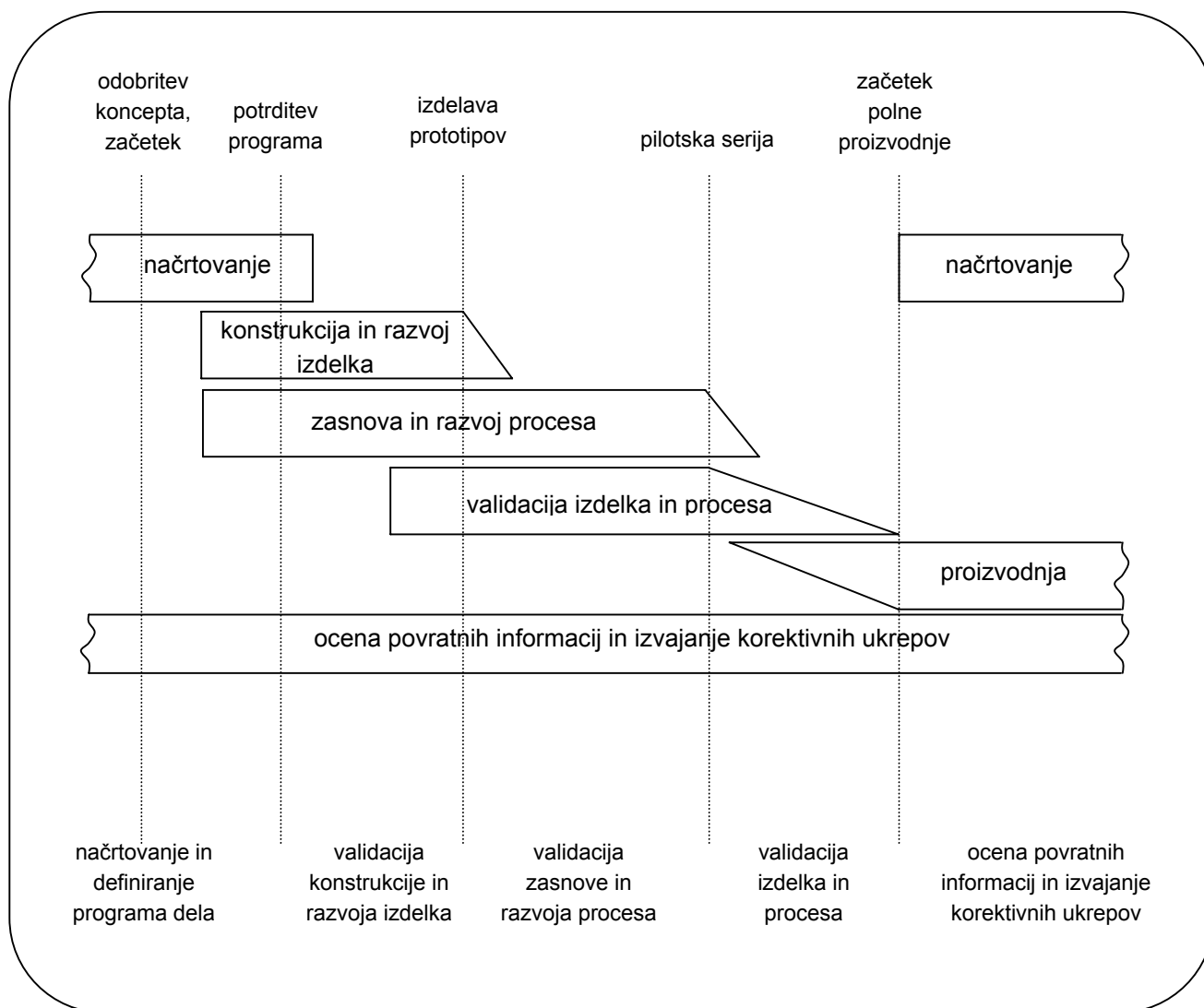
Vprašanja, ki se pojavljajo med razvojnim procesom, je potrebno sistematično in dokumentirano reševati, z določitvijo odgovornih nosilcev ter rokom za izvedbo aktivnosti.

⁷ Simultaneous Engineering

2.2.2.2 Terminski načrt načrtovanja kakovosti izdelka

Naslednja korak, ki ga mora izvesti projektna skupina po tem, ko so bile dorečene organizacijske podrobnosti, je izdelava terminskega načrta za aktivnosti na projektu. Tipični terminski načrt podaja spodnji diagram.

Slika 2: Diagram časovnega poteka načrtovanja kakovosti izdelka po QS [APQP, 1995].



Vsebina načrta je odvisna od vrste in kompleksnosti izdelka ter kupčevih pričakovanj. Želimo, da ima vsaka od predvidenih faz izdelan podrobnejši načrt aktivnosti, vsaka od aktivnosti pa predviden datum začetka ter datum dokončanja. S tem omogočimo časovno spremljanje aktivnosti na opazovanem projektu.

Za učinkovit terminski načrt je potrebno pridobiti soglasje vseh članov projektne skupine.

Tipični terminski načrt načrtovanja kakovosti izdelka predvideva pet zaporednih faz, ki v načelu smiselno sledijo druga drugi, dejansko po potekajo po večini bolj ali manj vzporedno.

Te faze so:

- I. načrtovanje,
- II. konstrukcija in razvoj izdelka,
- III. zasnova in razvoj procesa,
- IV. validacija izdelka in procesa,
- V. proizvodnja.

V nadaljevanju bomo poskušali v grobem predstaviti vsebino vsake od posameznih faz.

2.2.2.3 Načrtovanje

Faza načrtovanja je namenjena ugotavljanju potreb in pričakovanj kupca. Je ključna za nadaljnji razvojni proces, saj moramo na tej stopnji resnično polno razumeti vse želje in potrebe kupca, za katere pričakuje, da jih bo novi izdelek vseboval.

Na tej stopnji je potrebno:

- pridobiti podatke o pritožbah, pripombah, nasvetih, ki jih je kupec posredoval v preteklosti. Do njih lahko pridemo s tržnimi raziskavami, analizo reklamacij in podatkov o kakovosti, s pomočjo splošnega znanja članov projektne skupine. Njihovo znanje temelji na splošnem poznavanju področja, izkušnjah pridobljenih v stikih s kupci, mnenjih distributerjev, poročilih servisnih služb ipd. Ugotoviti želimo želje kupca.
- prilagoditi izvedbo projekta kupčevemu poslovnemu načrtu in njegovi marketinški strategiji. Poslovni načrt lahko s svojimi omejitvami pomembno vpliva na delo projektne skupine (npr. določeni roki, določeni stroški, zahtevana vlaganja v opremo, potrebni dodatni razvojni viri ipd.). Marketinška strategija določa ciljnega kupca, ključne prodajne prednosti in ključne konkurente.
- ugotoviti, kakšen je položaj načrtovanega izdelka v primerjavi s konkurenco (benchmarking). Informacije o tem nam kasneje pomagajo določiti zahteve za izdelek oz. proces.
- zbrati podatke o možnih lastnostih izdelka in procesa. Ob začetku razvojnega procesa imajo vsi udeleženi v razvoju svoje predstave o oblikovnem izgledu, funkcijah izdelka, drugih lastnostih. Prav tako lahko obstaja več konceptov proizvodnega procesa, ki jih je v tej fazi potrebno zbrati in definirati.

-
- določiti stopnjo zanesljivosti izdelka. Ta vpliva na predvideno pogostost popravil oz. zamenjav izdelka. Do informacij lahko pridemo na podlagi zgodovinskih podatkov oz. z dolgotrajnimi testiranjimi vzdržljivosti/zanesljivosti.

Kot rezultat faze načrtovanja je potrebno izdelati navodila, priporočila, ki bodo služila kot vhodni podatki za drugo fazo razvojnega procesa.

Potrebno je:

- definirati cilje razvoja. Želje kupca je potrebno pretvoriti v otipljive in merljive zaključene predvidene rezultate. Njihova pravilna izbira zagotavlja, da se med procesom razvoja želje kupca ne bodo izgubile.
- določiti cilje kakovosti in zanesljivosti. Določimo jih na podlagi želj in pričakovanj kupca, ciljev programa ter primerjalnih izdelkov. Cilje zanesljivosti je potrebno določiti s pričakovano verjetnostjo in stopnjo zanesljivosti.
- izdelati okvirno kosovnico – seznam materialov, ki jih nameravamo uporabiti pri izdelavi izdelka. Okvirna kosovnica temelji na predvidevanjih razvoja izdelka in procesa ter vključuje osnutek seznama možnih poddobaviteljev. Da lahko določimo in pridobimo zahtevane lastnosti posameznih sestavnih delov, je pomembno, da je bilo odločeno o osnutku konstrukcije in konceptu procesa.
- izdelati je potrebno okvirni diagram poteka. Izdelamo ga ob upoštevanju predvidevanj o konstrukciji izdelka, koncepta procesa ter s pomočjo okvirne kosovnice.
- izdelati je potrebno okvirni seznam posebnih lastnosti izdelka in procesa. Posebne lastnosti izdelka in procesa določi kupec poleg tistih lastnosti, ki jih je definirala dobavitelj in izvirajo iz zahtev konstrukcije izdelka in koncepta procesa.
- pridobiti podporo posloводства. Ena od osnov za uspeh dela projektne skupine je podpora posloводства podjetja. Posloводство vseskozi odloča o potrebnih virih, ki jih lahko dobi posamezna projektna skupina za izvedbo svojega razvojnega projekta. Zato je ključnega pomena, da je posloводство pravočasno obveščeno o aktivnostih projektne skupine, s čimer je omogočeno pravočasno planiranje potrebnih virov. Hkrati informiranje omogoča poslovodu, da nadzoruje potek projekta ter primerja realizirano delo z načrtovanimi cilji. Smiselno je, da projektna skupina posloводство formalno obvešča po vsaki opravljeni fazi razvojnega procesa.

2.2.2.4 Konstrukcija in razvoj izdelka

Druga faza v konceptu razvijanja izdelkov po QS je konstrukcija in razvoj izdelka. V tej fazi je potrebno konstrukcijo in karakteristike izdelka določiti skoraj do končne oblike.

Korak vsebuje tudi izdelavo prototipov. Z njimi je potrebno ugotoviti, ali izpolnjujejo pričakovanja kupca, ki so bila prepoznana v predhodni fazi.

Konstrukcija izdelka mora biti taka, da omogoča doseganje zastavljenih proizvodnih kapacitet ter hkrati zadošča vsem zahtevam (kvaliteta, zanesljivost, investicijski stroški, teža, strošek na enoto, terminske zahteve).

Proces načrtovanja kakovosti je v tej fazi namenjen zagotovitvi celovitega in kritičnega pregleda inženirskih zahtev ter ostalih povezanih informacij. V okviru tega koraka je potrebno izvesti predpisane analitske postopke, ki omogočajo oceno potencialnih problemov, ki se lahko pojavijo v proizvodnji.

Vhodne podatke v tej fazi predstavljajo rezultati predhodne faze načrtovanja. Ker je celoten proces tudi v nadaljevanju povezan in odvisen od rezultatov posameznih faz, je natančno izvajanje zastavljenih aktivnosti v vsaki posamezni fazi neobhodno potrebno.

V sklopu faze konstrukcije in razvoja je potrebno:

- izdelati konstrukcijski FMEA.⁸ Metoda omogoča zaznavanje potencialnih problemov, ki izvirajo iz ne-optimalne konstrukcije izdelka. Skupina strokovnjakov, ki skupaj preuči konstrukcijsko dokumentacijo ter prototipne izdelke, v kolikor so le-ti na razpolago, lahko na podlagi svojih izkušenj vnaprej predvidi šibka mesta ter predlaga preverjene rešitve.
- preveriti, ali konstrukcija izdelka omogoča lahko izvedljivost ter enostavno montažo. Pri preverjanju je potrebno upoštevati konstrukcijo, koncept ter občutljivost na variacije, ki se pojavljajo v proizvodnem procesu. Preveriti je potrebno koncept proizvodnje in montaž, izvesti analizo predlaganih toleranc, pregledati zahteve glede doseganja zahtevanih količinskih in kakovostnih ciljev, preveriti in optimirati število sestavnih delov izdelka, optimirati proces ter materialni tok.
- verificirati konstrukcijo. Formalno je potrebno preveriti, ali predlagana konstrukcija zagotavlja izpolnjevanje kupčevih zahtev, prepoznanih v prvem delu razvojnega procesa.
- izvajati redne preglede konstrukcije (design review). Gre za redna srečanja predstavnikov razvoja izdelka ter vseh vpletenih področij. Srečanja služijo nadzoru nad delom razvojne skupine.
- izdelati prototipne izdelke ter kontrolni plan. V tej fazi poskušamo z izdelavo funkcionalnih prototipov v laboratoriju preveriti, ali izdelki tudi v resnici izpolnjujejo

⁸ D-FMEA Design Failure Mode and Effect Analysis

-
- na začetku postavljene cilje. Pomembno je, da že na začetku, pred izdelavo, izdelamo plan preskušanj – kontrolni plan za prototipne izdelke.
- preveriti tehnično dokumentacijo ter zagotoviti, da vsebuje vse informacije, ki jih potrebujemo za izdelavo dodatne opreme (merilna sredstva, pomožna sredstva, montažne naprave ipd.).
 - preveriti inženirske specifikacije – navodila glede vizualnih, vzdržljivostnih ter funkcionalnih lastnosti (pol-)izdelkov. Za nadzor kakovosti v proizvodnji je potrebno določiti velikosti vzorcev, frekvenco vzorčenja ter kriterije sprejemljivosti.
 - določiti materialne specifikacije (fizikalne, kemijske, okoljske lastnosti, pogoje skladiščenja uporabljenih materialov).
 - izdelati zahteve za novo opremo, orodja in druge potrebne storitve.
 - izdelati zahteve za merilna sredstva ter drugo testno opremo.
 - oceniti izvedljivost predlagane konstrukcije. Konsenz projektnega tima je potrebno pisno dokumentirati ter ga skupaj z listo odprtih vprašanj predložiti vodstvu podjetja.

2.2.2.5 Razvoj procesa

Faza je namenjena razvoju produkcijskega sistema ter povezanih kontrolni planov. Rezultat te stopnje je odvisen od uspešno zaključenih aktivnosti predhodne faze – konstrukcije in razvoja izdelka. Produkcijski sistem mora zagotoviti, da so tudi v proizvodnji zagotovljene lastnosti izdelka, ki jih od njega pričakuje kupec.

Kot rezultat te faze je potrebno:

- določiti embalažne standarde. Običajno zahteve za embalažo postavi kupec.
- pregledati kakovostni sistem izdelka in procesa. Naloga skupine za načrtovanje kakovosti izdelka je, da preveri predpise glede kakovosti na načrtovani proizvodni lokaciji. Dopolniti jo je potrebno z morebitnimi zahtevami kupca, ki so specifične za načrtovani izdelek.
- izdelati diagram poteka procesa⁹ ter načrt proizvodnega mesta.¹⁰ Diagram poteka procesa je shematski prikaz obstoječega ali predlaganega pretoka materiala v proizvodnji. Omogoča analizo in optimizacijo ne samo posameznega, temveč celotnega pretoka materiala.
- izdelati procesni FMEA. Podobno kot pri FMEA konstrukcije tudi tukaj s pomočjo vseh vpletenih strokovnjakov poskušamo z analitično tehniko vnaprej odpraviti pomanjkljivosti predlaganega osnutka procesa izdelave. Z izkušnjami sodelujočih lahko vnaprej odpravimo pomanjkljivosti, ki smo ji že srečali pri drugih, podobnih izdelkih.

⁹ Process Flow Chart

¹⁰ Layout

-
- izdelati kontrolni plan za predserijo. »Predserija« imenujemo proizvodnjo izdelkov, ki po načinu izdelave presegajo prototipe, a kljub vsemu še niso narejeni v redni seriji. Izdelati je potrebno kontrolni načrt, ki mora predvidevati vsa merska ter druga testiranja, ki jih je možno in smiselno izvesti na izdelkih v tej proizvodni fazi.
 - izdelati tehnološka navodila. Za vsa delovna mesta ter vse tehnološke operacije je potrebno izdelati jasna in razumljiva tehnološka navodila. Pri izdelavi navodil je potrebno upoštevati rezultate obeh FMEA, kontrolnih planov, risb, načrta pretoka materiala, načrta proizvodnje, dogovorov glede pakiranja, procesnih parametrov ipd.
 - izdelati načrt analize merilnih sistemov, ki mora vključevati tudi odgovorne za zagotavljanje ustreznosti merilnih sredstev.
 - izdelati preliminarni načrt sposobnosti procesa. Pri tem si pomagamo s karakteristikami, ki smo jih prepoznali v kontrolnem planu.
 - določiti specifikacije za embalaranje. Potrebno je razviti posamezno embalažo, tudi za vmesne operacije. Smiselno je upoštevati kupčeve standarde ali splošne zahteve za shranjevanje. Embalaža mora zagotoviti, da karakteristike izdelka ostanejo nespremenjene v času pakiranja, transporta ter ponovne uporabe izdelkov in polizdelkov.
 - na koncu je potrebno predvideti formalni pregled vodstva. Seznaniti ga je potrebno s potekom dela ter pridobiti njegovo podporo pri morebitnih odprtih vprašanjih.

2.2.2.6 Validacija izdelka in procesa

Faza je namenjena preverjanju proizvodnega procesa s pomočjo preskusne proizvodnje. Ugotoviti je potrebno, ali se med preskusno proizvodnjo upošteva kontrolni plan ter načrt pretoka materiala (proces flow chart) ter ali tako proizvedeni izdelki ustrezajo zahtevam kupca. Morebitne pomisleke je potrebno raziskati ter odpraviti še pred začetkom redne proizvodnje.

Bistveni sestavni del te faze je preskusu proizvodnje pri realnih pogojih. Proizvodnja mora potekati s serijskimi orodji, opremo, v načrtovanem proizvodnem okolju (tudi z načrtovanim osebjem) ter ob upoštevanju načrtovanih procesnih časov. Rezultate preskusne proizvodnje je potrebno ovrednotiti in jih uporabiti pri:

- oceni sposobnosti procesa,
- evalvaciji merilnega sistema,
- končni oceni izvedljivosti,
- reviziji proizvodnega procesa,
- potrjevanju proizvodnje,
- oceni embalaranja.

Preliminarno oceno sposobnosti procesa je potrebno izvesti z opazovanjem lastnosti izdelka, ki so bile prepoznane v kontrolnem načrtu. Oceno stabilnosti procesa

izvedemo s pomočjo statističnih metod, s katerimi z analizo večjega števila vzorcev ocenimo, s kakšno verjetnostjo bo proces sposoben zagotavljati želeno kvaliteto. Mejne vrednosti neakovosti (tj. odstopanje od načrtovanih vrednosti) so običajno podane vnaprej ter se v avtomobilski industriji uporabljajo kot dogovorjeno načelo.

Potrditve izdelkov, proizvedenih pri realnih produkcijskih pogojih, je namenjena oceni, ali izdelki, proizvedeni s serijskimi orodji in opremo ter med načrtovanim procesom, ustrezajo inženirskim zahtevam.

Med preskusno proizvodnjo je potrebno s pomočjo testnih pošilk, kjer je le-to mogoče, preveriti tudi vse logistične kanale.

Ugotoviti je potrebno, ali predvidena embalaža omogoča tak način transporta ter rokovanja z izdelki, da so zaščiteni pred poškodovanjem ter vplivom različnih drugih okoljskih dejavnikov.

Proizvodni kontrolni načrt predstavlja sistem za kontrolo izdelkov in procesa v fazi proizvodnje. Gre za »živ« dokument, ki ga je potrebno dopolnjevati ter vanj dodajati ter odzemanje preverjanja glede na izkušnje, ki jih pridobimo pri redni proizvodnji. Je logični naslednik kontrolnega načrta predserije.

Z uvedbo rednega preverjanja ključnih lastnosti izdelka, skladno s kontrolnim načrtom ter uvedbo načrtovanega procesnega toka je osnovna naloga odgovornih za načrtovanje kakovosti v projektu opravljena. Tej fazi običajno sledi formalna razpustitev skupine, odgovorne za načrtovanje kakovosti.

2.2.2.7 Ocena povratnih informacij in izvajanje korektivnih ukrepov

Zagotavljanje kakovosti izdelkov se ne konča z instalacijo in validacijo procesa. Šele proizvodnja posameznih polizdelkov lahko pokaže na vse možne vzroke, ki povzročajo variacije.

S pomočjo kontrolnih kart ter drugih statističnih metod je potrebno ugotoviti variacije procesa. Z analizo variacij ter iz nje izhajajočimi korektivnimi ukrepi je potrebno zagotoviti zmanjšanje variacij.

V zadnji fazi razvojnega procesa poskušamo ugotoviti, ali vse podrobno načrtovane aktivnosti v fazi razvoja ter iz njih izhajajoči končni izdelek resnično zagotavljajo kupčevo zadovoljstvo. Možno je namreč, da kljub skrbnemu načrtovanju in natančni izvedbi končni rezultat ne izpolnjuje kupčevih pričakovanj. Kupec in dobavitelj morata zato v fazi proizvodnje skupaj izvesti potrebne spremembe za odpravo pomanjkljivosti.

2.3 Sistem zagotavljanja kakovosti VDA

Pri razvoju izdelkov za avtomobilsko industrijo predstavlja združenje nemške avtomobilske industrije VDA – Verband der Automobilindustrie e.V. - pomembno vlogo. Organizacija s sedežem v Frankfurtu na Meini združuje več kot 500 podjetij s skupno preko 735.000 zaposlenimi iz področja avtomobilske industrije. VDA podpira interese celotne nemške avtomobilske industrije na različnih področjih, od gospodarske, prometne in okoljske politike do tehnične zakonodaje, standardizacije ter zagotavljanja kakovosti [VDA Aufgaben, 2003].

Člani združenja so podjetja, ki imajo v Zvezni republiki Nemčiji obrate za industrijsko proizvodnjo motornih vozil, njihovih motorjev, prikolic, nadgradenj, pa tudi delov in dodatne opreme.

Združenje ima več kot 100-letno zgodovino. Izhaja iz društva VDMI,¹¹ ki so ga leta 1901 v mestecu Eisenach ustanovili takratni nemški avtomobilski industrijalci. Današnje ime je združenje dobilo 2. maja 1946 [VDA Historie, 2003].

Združenje si prizadeva tudi za normativno urejanje področja kakovosti ter v svojem okviru izdaja zvezke iz serije »Qualitätsmanagement in der Automobilindustrie«, ki pokrivajo različne vidike zagotavljanja kakovosti v celotnem procesu razvoja, proizvodnje in dobave delov za avtomobilsko industrijo. Smernice, ki jih podajajo posamezni zvezki iz serije, so postale normativne narave in v avtomobilski industriji predstavljajo pomembno osnovo za medsebojno sodelovanje med partnerji. Certificiranje po posameznih točkah kakovostnega sistema VDA predstavlja pomemben dejavnik konkurenčne sposobnosti posameznega podjetja.

2.3.1 Osnove koncepta VDA za razvijanja izdelkov

Koncept razvijanja izdelkov, ki ga predlaga VDA, je podrobneje opisan v zvezku 4.3 serije za zagotavljanje kakovosti po VDA [VDA 4.3, 1998]. S tako opisanim konceptom izdajatelj želi doseči, da bi bile vse aktivnosti, ki so potrebne za zagotovitev zadovoljstva kupca, izvedene sistematično ter bi bile pravočasno planirane in izvedene.

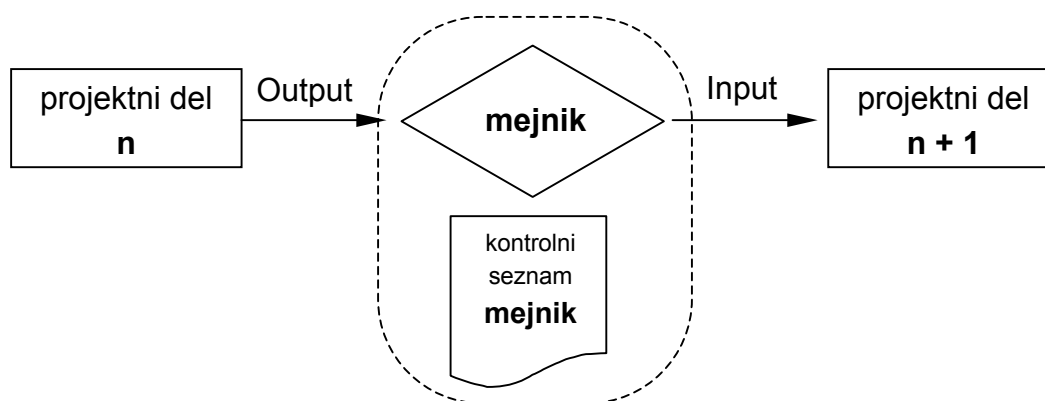
Do pred kratkim prisotno mnenje, da faktorji kakovost, stroški in časovni roki izključno negativno vplivajo drug na drugega, spreminja dejstvo, da visokokvalitetni razvojni in produkcijski proces vodi k zmanjšanju ostalih dveh faktorjev. Do tega lahko pridemo

¹¹ VDMI - Verein Deutscher Motorfahrzeug-Industrieller.

pri podrobnem opazovanju celotnega procesa od produktne ideje do začetka serijske proizvodnje.

Celotni razvojni proces je razdeljen v področja nalog in mejnike, ki predstavljajo kontrolne točke med posameznimi področji nalog. Ob vsakem mejniku predvideva sistem VDA kontrolni seznam, ki ga je potrebno preveriti pred nadaljevanjem z aktivnostmi na projektu. Zahtevane aktivnosti morajo biti opravljene, če želimo nadaljevati z naslednjim sklopom nalog.

Slika 3: Zgradba projektnega dela. Med dvema področjema nalog je potrebno s pomočjo kontrolnega seznama preveriti, ali so bile zahtevane aktivnosti opravljene.



Pred začetkom dela je potrebno dogovoriti cilje, ki jih s projektom želimo uresničiti.

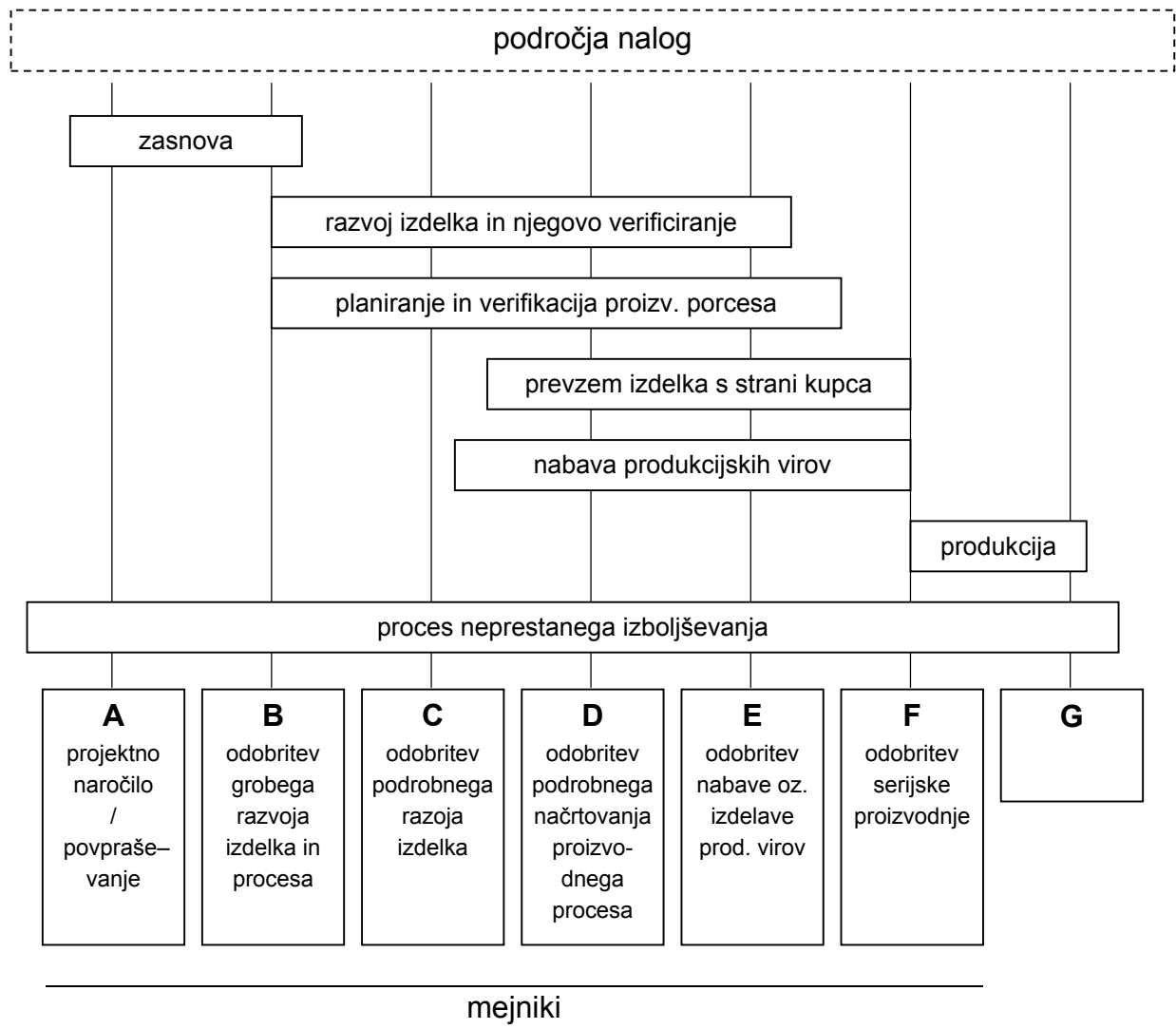
Pri planiranju dela v okviru projekta morajo sodelovati vsi, ki jih projekt zadeva: kupci, dobavitelji, poddobavitelji. S koordinacijo vseh vpletenih poskušamo zagotoviti, da bodo vsi zahtevani koraki narejeni skladno z zastavljeno dinamiko. Permanentno dogovarjanje med partnerji, orientirano glede na posamezne mejnike, je nujno potrebno in odločilnega pomena.

Projekt mora imeti, če želi zagotoviti zastavljene cilje, podporo vodstva. Tako je možno pravočasno zagotoviti sredstva, ki jih za doseg zastavljenih ciljev projekt potrebuje. Sodelavci v projektu morajo posedovati znanja, ki omogočajo izpolnjevanje zahtev, ki izhajajo iz pričakovanj kupcev.

Načrt poteka predstavlja idealni načrt projektnega dela, ki je deloma specifičen za avtomobilsko industrijo. V svoji strukturi obsega vsa področja nalog in mejnike v projektnem delu, od konceptne faze do začetka serijske izdelave.

Načrt poteka predstavlja osnovno ogrodje za izdelavo konkretnega projektnega načrta.

Slika 4: Načrt poteka projektnega dela [VDA 4.3, 1998].



Področja nalog vsebujejo vse aktivnosti projektnega dela, ki vodijo od ideje do serijske proizvodnje. Prekrivanje posameznih področij nalog kaže sočasni razvojni proces.¹² Vse aktivnosti morajo biti izvedene in dokumentirane tako, da je možno ob pregledu ob posameznem mejniku ovrednotiti njihove rezultate.

2.3.1.1 Zasnova

Namen področja nalog »Zasnova« je izdelati izdelčne in procesne alternative, na podlagi katerih je možno odločanje o smotrnosti posameznega projekta. V tej fazi je potrebno doreči tudi projektno organizacijo. Alternative zadevajo tako ekonomske,

¹² Simultaneous Engineering Process. Glej tudi [VDA 4.1, 1996], str. 21.

tehnične kakor tudi organizacijske cilje in okvire v različnih variantah. Te alternative so osnova za odobritev grobega razvoja izdelka in procesa v okviru mejnika B.

2.3.1.2 Razvoj izdelka in njegovo verificiranje

V tem sklopu nalog izdelek konceptualno razvijemo do njegove končne oblike in detajliramo do stopnje, ki je primerna za serijsko proizvodnjo.

Verifikacija izdelka pomeni preskušanje njegovih funkcionalnih lastnosti z namenom ugotavljanja skladnosti z zahtevami naročnika. Le-to lahko izvedemo s tehničnimi izračuni oz. z izdelavo in preskušanjem prototipov.

2.3.1.3 Načrtovanje in verificiranje produkcijskega procesa

Sklop obsega načrtovanje in dokončen razvoj produkcijskih procesov, ki so sposobni v času trajanja proizvodnje obravnavanega izdelka zanesljivo zagotavljati želene lastnosti.

Verificiranje produkcijskega procesa pomeni preverjanje, v kolikšni meri je opazovani produkcijski proces sposoben zagotavljati dane zahteve za določen izdelek oz. proces sam. Verificiranje poteka npr. z ugotavljanjem sposobnosti procesov.

2.3.1.4 Prezem izdelka s strani kupca

Preveriti je potrebno, ali izdelek ustreza pričakovanjem in potrebam kupca. Ugotoviti moramo, ali je primeren za uporabo v predvideni namen. Odstopanje izdelka od kupčevih želja lahko ob prevzemu utemeljimo z zahtevami izdelka samega oz. proizvodnega procesa.

Cilj tega projektnega koraka je potrditev vseh dosedanjih aktivnosti dobavitelja. Kupec in dobavitelj se s tem korakom dogovorita, da sta se glede vseh pomembnih karakteristik izdelka pravilno sporazumela ter projekt lahko napreduje v fazo industrializacije.

2.3.1.5 Nabava produkcijskih virov

Nabava virov, ki jih potrebujemo za serijsko izdelavo, je temeljna naloga tega sklopa. Med vire štejemo tako surovine, sestavne dele ter komponente kot tudi izdelavo potrebnih proizvodnih sredstev. Cilj je pravočasna nabava potrebnih proizvodnih sredstev ter materialov. V sklop nabave virov sodi tako izdelava zahtev, povpraševanje, nabava kot tudi verifikacija nabavljenega.

2.3.1.6 Serijska proizvodnja

Tudi po odobritvi izdelave v seriji je potrebno zagotoviti, da so kupčeve zahteve v skladu z njegovimi pričakovanji. Namen tega sklopa je vzdrževanje obvladovanih procesov ter pravočasno odkrivanje morebitnih napak v procesu in njihovo uspešno korigiranje.

2.3.1.7 Proces neprestanega izboljševanja

Neprestano izboljševanje se nanaša na vse poslovne funkcije posameznega podjetja in predstavlja časovno neomejeno nalogo za celotno podjetje. V sklopu neprestanega izboljševanja preučujemo aktivnosti, ki so povezane s posameznim projektom. Cilj je prepoznavanje možnosti za izboljšanje delovanja vpletenih poslovnih funkcij oz. podjetja kot celote ter njihova implementacija. Podjetja morajo skladno s temi zahtevami oblikovati sistem, ki to omogoča.

2.3.2 Mejniki in kontrolni seznam

Mejniki so kontrolne točke v razvojnem procesu. Namenjeni so kot opora pri projektnem načrtovanju in vodenju. Ob posameznem mejniku poteka ocena napredka projekta z namenom zgodnjega odkrivanja rizikov in pomanjkljivosti. Za odstranitev le-teh je potrebno predvideti ukrepe, ki jih je v nadaljevanju potrebno izvesti.

K posameznim mejnikom so v sklopu sistema VDA prirejeni ustrezni kontrolni seznam, ki se nanašajo na vse rezultate, ki so pomembni za posamezno področje nalog. Za obdelavo kontrolnih seznamov je potrebno določiti sodelujoče ter določiti pooblaščenca za ukrepanje.

VDA sistem predvideva, da lahko uporabnik sam predpiše vsebino, število ter nazive posameznih mejnikov tako, da ustrezajo posebnostim posameznih projektov [VDA 4.3, 1998, str. 17].

2.4 Sistem razvijanja izdelkov v mednarodnem podjetju, dobavitelju v avtomobilski industriji

Do sedaj smo si ogledali dva sistema zagotavljanja kakovosti pri razvoju izdelkov v avtomobilski industriji. Zanje je značilno, da je bila zaradi velikega števila dobaviteljev ter relativno hitrega ritma uvajanja novih in novih modelov avtomobilov prisiljena tudi na področju razvijanja izdelkov uvesti enotne standarde. Ogledali smo si dva tipična predstavnika – zahteve VDA - ter proces nastajanja izdelkov, opisan v delu APQP sistema za zagotavljanje kakovosti QS.

Videli smo, da sta sistema po vsebini podobna, da pa od dobaviteljev zahtevata različno poglobitev v določena področja. Omenili smo, da poleg predstavljenih dveh »velikih« sistemov obstajajo tudi drugi, manjši, ki so običajno omejeni zgolj na posameznega avtomobilskega proizvajalca.

Podjetje, ki želi dobavljati čim večjemu krogu avtomobilskih proizvajalcev, je zato prisiljeno izvajati unijo vseh aktivnosti, ki jih od njega zahtevajo proizvajalci. V nadaljevanju si bomo podrobneje ogledali sistem, ki ga je kot odgovor na zahteve kupcev razvilo mednarodno podjetje, dobavitelj avtomobilske industrije. Zaradi varovanja podatkov podjetja se bomo izognili navajanju posameznih podrobnosti, želimo pa predstaviti osnovni koncept ter glavne korake, ki so jedro sistema.

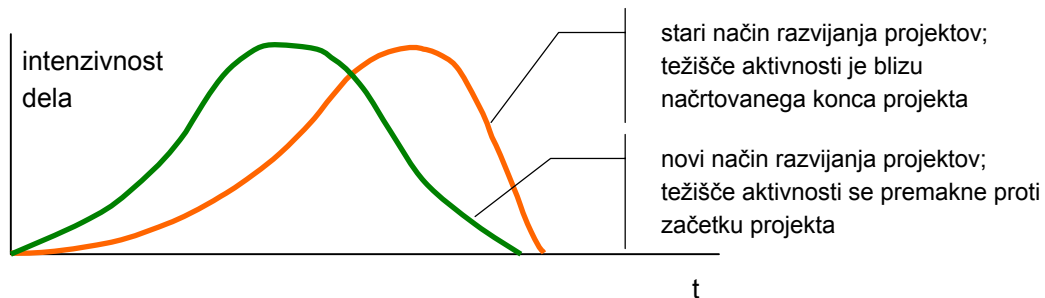
Povezano podjetje v Sloveniji je v preteklih letih prevzelo metodologijo vodenja razvojnih projektov, ki je v matičnem podjetju, ki se zaveda pomena sistematičnega in preglednega razvijanja izdelkov, precizno in dokaj formalno izdelana.

Namen enotnega razvojnega procesa v podjetju, ki deluje globalno, je poenotenje projektnih struktur, projektnega načrtovanja, uporabe enotnih projektnih orodij, s čemer je olajšan projektni kontroling ter komunikacija med posameznimi subjekti znotraj podjetja.

Z uvedbo pregledne metodologije je olajšano sledenje osnovnim trem dimenzijam ciljev, ki jih s projektnim delom želimo doseči: kakovosti, stroškom ter terminom. Ravno doseganje teh treh komponent ciljev predstavlja glavno merilo za oceno uspeha ali neuspeha projektnega dela.

Uvedba enotnega, sistematičnega razvojnega pristopa znotraj celotnega podjetja naj bi pripomogla tudi k prenosu težišča vsega projektnega dela proti začetku aktivnosti na posameznem projektu ter razbremenila finalno fazo, ki se je do sedaj izkazala kot najbolj obremenjena.

Slika 5: Shematski prikaz časovnega poteka intenzivnosti dela pri starem in novem načinu razvijanja izdelkov.



V opazovanem podjetju je metodologija razvijanja izdelkov sestavljena iz več med seboj povezanih faz, ki jih v grobem lahko razdelimo v štiri večje skupine, in sicer:

- faza pridobivanja posla,
- faza razvoja izdelka,
- faza industrializacije,
- zaključna faza.

2.4.1 Razporeditev dela

Metodologija formalno predvideva zaporedje faz, delo v vsaki fazi pa je organizirano po načelih, ki so enotna za vse posamezne faze.

Vsaka stopnja potrebuje vhodne podatke, ki se razlikujejo od stopnje do stopnje. Skupno vsem stopnjam pa je to, da vsaka naslednja potrebuje kot vhodne podatke rezultate predhodne. Prehajanje v naslednjo stopnjo, brez da bi bila predhodna zaključena, tako ni možno.

Posamezna razvojna stopnja se konča s formalnim pregledom opravljenega dela. Za vsakega od korakov so izdelani podrobni kontrolni sezname, s pomočjo katerih je potrebno preveriti, ali so bile izvedene vse aktivnosti, ki jih metodologija predvideva. V sklopu vsakega pregleda se preverja doseganje ciljev s primerjavo načrtovano/doseženo, s pregledom terminskega načrta, kakovostnih ciljev ter podatkov o stroških. Brez uspešno opravljenega formalnega pregleda v posamezni stopnji prehod v naslednji razvojni korak ni možen. Morebitna odstopanja od načrtovanih ciljev je potrebno formalno prepoznati ter predvideti korektivne/preventivne ukrepe za njihovo odpravo.

Poleg formalnih pregledov dela v vsaki stopnji metodologija predvideva tudi pregled konstrukcije izdelka ter pregled zasnove procesa. Vanj so vključeni specialisti, ki drugače ne sodelujejo v projektni skupini, s svojimi izkušnjami pa pripomorejo k uspešni realizaciji projekta ter lahko preprečijo, da bi prišlo do že znanih napak.

2.4.2 Pregled opravljenega dela s strani vodstva

Poleg pregleda konstrukcije izdelka ter zasnove procesa metodologija predvideva še izvedbo internih pregledov. Gre za neodvisen, sistematičen pregled projektnih aktivnosti ter njihovih rezultatov, v sklopu katerega se preveri, ali rezultati ustrezajo načrtovanemu, ali so načrtovane aktivnosti bile v resnici izvedene ter ali bo z doseženimi rezultati posameznih aktivnosti možno doseči cilje projekta.

Interni audit je potrebno izvesti pod podobnimi pogoji kot procesni audit, ki ga izvaja kupec. Upoštevati je potrebno zahteve metodologije razvoja izdelkov, ki veljajo v podjetju, zahteve standardov VDA, QS 9000 ter specifične zahteve kupcev.

2.4.3 Organizacija

Doseganju načrtovanih projektnih ciljev je prilagojena tudi specifična organizacija, ki je bila v podjetje uvedena na novo. S pravilno organizacijo projektne skupine ter ustreznim zunanjim »vmesnikom« med skupino in podjetjem je možno zagotoviti ustrezno težo projekta v celotni organizaciji podjetja.

Projektna skupina je sestavljena iz projektnega jedra ter razširjene projektne skupine. Jedro sestavljajo

- projektni vodja,
- planer kakovosti,
- planer procesa,
- konstrukter.

Vsak član jedra koordinira posamezno področje ter je odgovoren tudi za njegovo celotno izvedbo. Sodelavci so organizacijsko razporejeni v projektno skupino za ves čas trajanja projekta.

Razširjeno projektno skupino sestavljajo dodatni sodelavci, ki pomagajo pri posameznih nalogah ali predstavniki internih servisnih služb, ki nudijo storitve jedrni skupini. Organizacijsko so razporejeni v druge funkcije podjetja, pri projektu pa sodelujejo le kot zunanja pomoč.

2.4.4 Faza pridobivanja posla

Začetek projektnega dela se navadno prične s povpraševanjem, ki ga potencialni naročnik – kupec ali interni naročnik - naslovi na prodajno službo podjetja ali direktno na razvojni oddelek. Naloga podjetja je, da povpraševanje temeljito preuči ter sprejme odločitev, ali predlagano povpraševanje sprejme ter odda ponudbo ali ne.

Preden pa lahko kompetentno ter odgovorno poda to odločitev, je potrebno izvesti naslednje aktivnosti.

Ugotoviti mora, ali je podjetje sploh sposobno s procesi ter tehnologijami, ki jih obvladuje, zadovoljiti kupca. V kolikor določenih procesnih korakov ne more izvesti samo, je potrebno preveriti, ali je možno v danem razvojnem času, ki je prav tako definiran v povpraševanju, razviti tehnologijo do te mere, da bo uporabna ter proizvodno zanesljiva oz. je mogoče pridobiti želene storitve na trgu.

Poleg izvedljivosti je potrebno preveriti logistični koncept, ki ga je predvidel kupec ter ugotoviti, ali ga je v podjetju mogoče izpeljati.

S pomočjo podatkov o raziskavi tržišča je potrebno ugotoviti, ali in v kolikšni meri so izdelki, podobni obravnavanemu, prisotni na trgu. Preučiti je potrebno, kakšna je *njihova* konkurenčna prednost ter v čem bi lahko bile prednosti *našega* načrtovanega izdelka.

S tako analiziranimi podatki se nato izdelava študijo izvedljivosti, v kateri so obravnavana tudi tveganja, ki jim je/bo projekt izpostavljen.

Ugotoviti je potrebno, ali podjetje razpolaga z ustreznimi kapacitetami.

Pomemben odločilni faktor je ugotovitev donosa na v projekt vložena sredstva. Podatek o donosu je ključnega pomena za vodstvo podjetja. Le s projekti, ki zagotavljajo ustrezno stopnjo donosnosti, je zagotovljena prihodnost.

Po tako opravljeni analizi povpraševanja sledi odločitev, ali bo podjetje ponujeno povpraševanje sprejelo in nanj odgovorilo z uradno ponudbo ali ne.

2.4.4.1 Izdelava ponudbe

V drugi stopnji pridobivanja posla se po sprejeti odločitvi, da podjetje na ponujeno povpraševanje odgovori z izdelavo ponudbe, pripravi izdelavo poglobljene in obvezujoče ponudbe.

2.4.4.1.1 Analiza kupčevih zahtev

Za izdelavo kvalitetne ponudbe je potrebno v podrobnostih preučiti vse zahteve kupca. Pomembno je, da si strokovnjaki za posamezna področja v podrobnostih ogledajo posamezne specifične zahteve ter ocenijo, ali jih je v sklopu obstoječih možnosti moč izvesti oz. ali je možno v danem časovnem intervalu ob upoštevanju znanega projektnega tveganja v sklopu razvojnega procesa priti do zelenih rezultatov.

2.4.4.1.2 Termini

Ob izdelavi ponudbe je potrebno izdelati čim bolj podroben ter na realne podatke iz preteklosti oprt terminski načrt. Pri njegovi izdelavi je potrebno poleg ocenjenega potrebnega časa upoštevati tudi empirično ugotovljen delež zamud, ki so posledica nenačrtovanih vplivov na potek projekta.

2.4.4.1.3 Kakovost

Predvideti je potrebno načrtovano kakovost ponujenega izdelka. Ta pomembno določa obseg dela ter s tem končni rezultat projekta. V sklopu priprave je potrebno izdelati plan kakovosti, ki bo kasneje služil kot osrednja os načrtovanja kakovosti. Posebej pomembno je pravočasno prepoznati kritične zahteve za kakovost ter pravočasno določiti alternativne možnosti za njihovo izpolnitev.

Definirati je potrebno lokacijo, ki bo odgovorna za razvoj izdelka ter za njegovo industrializacijo. Dogovoriti se je potrebno oz. na podlagi podatkov o zasedenosti posameznih proizvodnih lokacij določiti mesto proizvodnje. To določa stroške logistike ter stroške dela, ki jih moramo prav tako upoštevati pri izdelavi ponudbe.

Povsem enakovredno kot lastno proizvodnjo je potrebno obravnavati rešitve, pri katerih bi obravnavani izdelek pridobili pri dobaviteljih. V tej fazi je zato potrebno prepoznati in preučiti potencialne dobavitelje.

Preveriti je potrebno idejne zasnove izdelka ter jih primerjati s tistimi, ki jih trenutno lahko izdelamo. Analogno je potrebno preveriti idejne zasnove procesa izdelave. Ugotoviti moramo, ali obstoječi proces omogoča doseganje zastavljenih ciljev glede kapacitete ter doseganja zastavljene kakovosti.

2.4.4.1.4 Predkalkulacija

S tako analiziranimi osnovami se nato izdela predkalkulacija. Iz nje kot rezultat izhaja načrtovani donos projekta. Želeno seveda je, da je donos projekta pozitiven, vendar se podjetje v določenih posebnih primerih, ko je poleg donosa pomembna tudi strateška prednost pridobitve posla, odloča tudi za sprejem projektov, pri katerih je načrtovani donos že na začetku negativen. V določenih primerih, ko je donos projekta zgolj rahlo pod pričakovano vrednostjo oz. rahlo negativen, je mogoče s kasnejšimi razvojni aktivnostmi ter izvedbo določenih, s strani kupca naročenih ter plačanih spremembam, donos popraviti. Šele ko so obravnavani vsi gornji vidiki morebitne izvedbe projekta, se izdela ponudba ter predloži potencialnemu kupcu.

Naslednji korak so pogajanja, v katerih poskušata potencialni kupec in dobavitelj skupaj uskladiti tehnične in komercialne podrobnosti ter morebiti dogovoriti drugačne pogoje ter ceno izdelka. Gre za zelo pomemben proces, ki ima lahko znatni vpliv na razvojno delo. Pomembno je, da pripravljavec ponudbe dobi povratno informacijo izida pogajanj ter je obveščen o dogovorjenih spremembah.

Ko pride do sprejema ponudbe s strani kupca, se razvojni proces iz faze pridobivanja posla prevesi v drugo fazo.

2.4.5 Faza razvoja izdelka

V fazi razvoja izdelka je potrebno najprej dokončati koncept izdelka. Upoštevati je potrebno vse zahteve, ki jih postavlja kupec. Ob izdelanem konceptu je potrebno nato pridobiti kupčevo potrditev, ki mora biti pogoj za začetek nadaljnjega dela, v katerem se bodo finalizirale podrobnosti. Z definiranimi podrobnostmi nastopi naslednja procesna stopnja, v kateri moramo priskrbeti potrebna proizvodna sredstva za izdelavo izdelka.

Pred začetkom razvoja je pomembno urediti organizacijo razvojnega oddelka. Definirati je potrebno člane razvojne skupine, ki je običajno sestavljena v lupinastem modelu. V središču je ožja – jedrna skupina, ki stalno dela na projektu. Okrog nje so v kolobarju združeni vsi ostali sodelavci projekta, ki so kakorkoli povezani s projektnim delom, vendar njihova navzočnost ni potrebna ves čas trajanja projekta.

Poleg definiranja sodelujočih je potrebno določiti tudi cilje, ki jih bo projektna skupina ter vodja projekta kot odgovorni nosilec morala doseči.

2.4.5.1 Cilji projekta

Cilji projekta so večplastni. Razdelimo jih v tri skupine in sicer: stroškovni cilji, kakovostni cilji ter časovni cilji.

Stroškovni cilji so pomembni za celotno podjetje. Kot omenjeno je lahko donos projekta tudi negativen, v kolikor so druge prednosti projekta tolikšne, da odtehtajo pomanjkljivosti s stroškovnega vidika projekta. Pomembno je le, da se gibanje rezultatov na področju stroškov giblje v mejah načrtovanega ter tako ne predstavlja novih presenečenj za podjetje. Za finančno uspešnost celotnega podjetja je doseganje *načrtovanih* stroškovnih ciljev ključnega pomena.

Druga skupina ciljev predstavlja področje kakovosti. Že ob pričetku projekta si je potrebno določiti karakteristike z merljivimi vrednostmi ter prazne vrednosti zanje, ki jih ob koncu projekta želimo doseči. Cilji kakovosti morajo biti usklajeni s pričakovanji kupca. V kolikor projektno delo ne pripelje do izpolnitve zastavljenih kakovostnih ciljev, se to ponavadi odrazi v preseganju stroškovnih ciljev ter prekoračitvi rokov. Kupci po pravilu niso zadovoljni z neustrezno kvaliteto, zato zahtevajo njeno doseganje, tudi na račun doseganja drugih dveh skupin ciljev.

Tretje področje, na katerem si moramo postaviti jasne smernice, je področje časovnega planiranja. Na podlagi kupčevih pričakovanj je potrebno definirati obvezujoč časovni načrt. Žal se tudi njegovo nenatančno izvajanje običajno kmalu negativno odrazi pri doseganju prve skupine ciljev – stroških.

Ko so cilji na vseh treh področjih dogovorjeni, je zanje potrebno pridobiti soglasje odgovornih za posamezno področje znotraj podjetja. Strinjanje odgovornega z dogovorjenimi cilji eksplicitno pomeni, da imajo člani skupine mandat ter pooblastila za doseg zastavljenega ter da znotraj dogovorjenih okvirov lahko samodejno razpolagajo z viri. V kolikor pri vodenju projekta pride do odstopanj ter prekoračitve zastavljenih ciljev, še preden je projekt končan, je potrebno pri odgovornih pridobiti ponovno soglasje k sedaj na novo definiranim in dogovorjenim ciljem.

Ko so formalnosti glede namena projekta urejene, se lahko začne razvojno delo na projektu v ožjem smislu.

2.4.5.2 Razvoj izdelka

Začne se konstrukcija izdelka na osnovi idejne zasnove, ki je bila izdelana že ob izdelavi ponudbe. K sodelovanju je potrebno povabiti vse specialiste, ki bi z uporabnimi nasveti lahko že v začetni fazi kakorkoli pripomogli, da bo konstrukcija izdelka že v začetku optimalna ter pri industrializaciji ne bo prihajalo do problemov. V

avtomobilski industriji se v ta namen uporablja formalna metoda FMEA.¹³ Metodo izvedemo tako z obravnavanjem konstrukcije izdelka (D-FMEA) kakor tudi z obravnavanjem idejnega osnutka procesa (P-FMEA¹⁴) .

Za preskušanja, s katerimi želimo ugotoviti doseganje kakovostnih ciljev, je potrebno izdelati prototipne izdelke. Gre za izdelke, ki so oblikovno ter deloma funkcionalno identični končnimi izdelkom, le da so izdelani običajno v majhen številu ter iz materialov, ki niso identični materialom, ki bodo uporabljeni v končnem izdelku. Uporaba posameznih materialov je namreč odvisna od načina izdelave. Ker produkcijska orodja še niso izdelana, je potrebno prilagoditi izdelavo ter uporabiti materiale, ki jih lahko obdelujemo na alternativne načine.

Iz načrta preskušanj za prototipne izdelke se lahko razvije kontrolni načrt za celotni izdelek, oz. je načrt preskušanj za prototipne izdelke le okrnjen kontrolni načrt že izdelanega kontrolnega načrta za končni izdelek.

Ko je koncept izdelka definiran, je potrebno zanj pridobiti formalno pridobitev kupca. S tem potrdi, da se strinja s funkcijskimi zmožnostmi izdelka ter vizualnim izgledom.

S tem izhodiščem je možno izdelati zahteve za produkcijska sredstva. Pomembno je, da se pred nabavo sredstev precizno ugotovi ter formalno zabeleži vse zahteve, ki naj bi jih posamezno produkcijsko sredstvo izpolnjevalo. Gre za ključni korak. Z definiranjem zahtev običajno določimo način izvedbe posameznega produkcijskega sredstva. V kolikor niso pravočasno upoštevani vsi vidiki, lahko pri naknadnem dodajanju zahtev pride do spremembe konstrukcije ter posledično do velikih stroškov ter terminskih zaostankov.

¹³ FMEA – Failure Mode and Effect Analysis. Formalno jo predvideva ter opisuje QS 9000. Najprej je potrebno ugotoviti možnosti napak, ki bi lahko nastale na izdelku. Nato se poišče vzroke, ki vplivajo na nastanek napak. Ko so napake in njihovi vzroki definirani, se določi resnost (severity), ki bi jo pojav napake lahko imel za kupca (ocene od 1 do 10). Pri analiziranih vzrokih je potrebno določiti – oceniti verjetnost, da do takega vzroka lahko pride (occurence). Za celotno poznavanje problema je potrebno oceniti še možnost za pravočasno prepoznavanje napake (detection). S tako definiranimi in ocenjenimi vrednostmi za resnost, pogostost ter možnost detekcije se izračuna skupni indeks, ki je produkt vseh treh ocen. S pomočjo izračunanega indeksa posamezne napake lahko rangiramo. Običajno se za nadaljnje delo določi mejna vrednost indeksa, pri kateri je potrebno predvideti korektivne ukrepe ter vključiti v akcijski načrt odprave pomanjkljivosti tiste napake, ki prekoračijo to mejno vrednost.

¹⁴ D-FMEA = ang. Design Failure Mode And Effect Analysis, Process Failure Mode And Effect Analysis

Pomembno področje, ki ga je v fazi razvoja izdelka potrebno pregledati, je tudi patentno področje. Za posamezne, v izdelku uporabljene rešitve, je potrebno preveriti, ali niso morda pod posebnim patentnim varstvom ter kolikšen vpliv ima to na stroškovno uspešnost našega projekta.

Po potrditvi koncepta s strani kupca se lahko začne zadnja faza konstruiranja – detajliranje konstrukcije z namenom lažje produkcijske izvedljivosti ter končne montaže. Na ta način z dodajanjem specifičnih konstrukcijskih rešitev poskušamo zagotoviti, da bo proizvodni proces kar se da olajšan.

V tej fazi je potrebno do potankosti izdelati konstrukcijo tako, da so na voljo računalniški modeli za celotni izdelek ter vse njegove sestavne dele. To je pogoj, da se lahko dokončajo knjige zahtev za posamezna proizvodna sredstva, ki jih je potrebno nabaviti.

Načrtovanje proizvodnega procesa mora biti na tej stopnji izvedeno do te mere, da je izdelana postavitve proizvodnega tlorisa, izdelan predvideni materialni tok ter določena interna logistika za naš izdelek.

Ker je izdelek praktično do konca razvit, se v tej točki konča načrtovanje njegove kakovosti.

Pri kupcu je potrebno pridobiti odobritev konstrukcije, kar pomeni, da se povsem strinja z izvedenimi rešitvami.

2.4.6 Faza industrializacije

S potrditvijo detajlirane konstrukcije izdelka se konča faza razvoja ter prične faza industrializacije.

Po principu sočasnega inženirstva se je faza industrializacije začela že z načrtovanjem procesa izdelave izdelka. Na ta način se ob sočasnem delu prihrani dragoceni čas ter z rešitvami, ki olajšajo proces, povratno vpliva na konstrukcijo izdelka.

Prvi korak v fazi industrializacije je izdelava produkcijskih sredstev. Kot smo videli, so bile zahteve za proizvodna sredstva v obliki knjig zahtev izoblikovane že v predhodni fazi, tako da je sedaj potrebno proizvodna sredstva le naročiti. Zaradi kompleksnosti odnosov med dobavitelji in kupci v avtomobilski industriji je potrebno naročila koordinirati. V skladu z dogovorom lahko določena produkcijska sredstva financira kupec tudi sam. Izdelati je potrebno terminski načrt naročanja ter dobave.

Proizvodna sredstva so običajno kompleksnejša, podjetje, ki jih naroča, pa običajno samo ne poseduje vseh znanj, ki so potrebna za definiranje njihove konstrukcije. Zato je običajno, da izbrani dobavitelj tudi sam izdelava konstrukcijo, ki pa jo mora naročnik potrditi. Potrditev je potrebno tudi formalno predvideti v dogovorih ter v izdelanem terminskem načrtu dobav.

Ko so na razpolago prvi (pol)izdelki iz orodij, v kolikor pa to še ni mogoče lahko tudi prototipni izdelki, je potrebno preveriti, ali tako načrtovan ter izdelan izdelek sploh zadošča osnovnim zahtevam, ki jih je ob pričetku postavil kupec. Teste najprej izvedemo ter potrdimo ustreznost na internem nivoju. Nato izdelek izpopolnujemo in spreminjamo toliko časa, da popolnoma ustreza zahtevam kupca. Ko je izdelek izpopolnjen do tolikšne mere, da povsem ustreza kupčevim pričakovanjem, teste predstavimo kupcu ter pridobimo njegovo formalno potrditev ustreznosti testiranih lastnosti.

Do sedaj smo pri nabavi proizvodnih sredstev govorili le o polizdelkih, ki jih nameravamo izdelovati sami. Za sestavne dele, ki jih bomo nabavljali pri poddobaviteljih, je potrebno na tej točki izbrati ustrezne dobavitelje ter formalno podeliti naročila. Pri tem je pomembno, da so izbrani na podlagi dogovorjene kakovosti ter ob ustreznem dogovoru glede logistike.

Pomembno je, da so ob zaključku tega sklopa aktivnosti izdelana vsa proizvodna ter tudi merilna sredstva. V naslednjem koraku bo namreč potrebno preveriti, ali le-ta ustrezajo zahtevam za sposobnost procesa oz. zahtevam za sposobnost merilnih sredstev.

S statističnimi metodami, ki so prilagojene za uporabo v avtomobilski industriji ter so v veliki meri standardizirane ter splošno sprejete, se izvede ugotavljanje sposobnosti proizvodnega procesa. Ugotoviti želimo, ali proces, ob upoštevanju vseh vplivov med proizvodnjo, dovolj zanesljivo zagotavlja izdelavo tistih karakteristik izdelka, ki so bile pri konstruiranju prepoznane kot pomembne.

Analogno kot sposobnost procesa je potrebno ugotoviti, ali merilni sistem, ki smo ga instalirali za proizvodno spremljanje karakteristik izdelka, ustreza zahtevam ter je sposoben zaznati želene razlike med ustreznimi in neustreznimi vrednostmi opazovanih lastnosti.

Ko sta ugotovljena sposobnost procesa ter merilnega sistema, je potrebno preveriti, ali tako načrtovan in izveden proces zagotavlja zahtevana količinska pričakovanja kupca. V ta namen simuliramo nemoteno proizvodnjo v daljšem časovnem obdobju ter tako praktično preverimo, ali bo pri danem konceptu procesa ter nabavljivih proizvodnih sredstvih tudi praktično mogoče dosežati količine izdelkov v

načrtovanem obsegu. Za tak praktični preskus je seveda potrebno predhodno izobraziti tudi osebe, ki bo sodelovalo v proizvodnem procesu.

Za kupljene dele je, podobno kot prej za dele proizvedene z lastnimi zmogljivostmi, potrebno preveriti, ali ustrezajo vsem pričakovanim zahtevam ter potrditi njihove lastnosti.

Sedaj ko je preverjena sposobnost proizvodnega procesa, ko je ugotovljeno, da merilni sistemi ustrezajo ter so zmožni detekcije nekakovosti, ko so na razpolago vsi sestavni deli, ko le-ti ustrezajo načrtovani kakovosti, je možno izvesti kvalifikacijo izdelka ter procesa. To želimo storiti z namenom, da bi pridobili potrditev kupca, da tako izdelan produkt ustreza njegovim zahtevam glede kakovosti ter da je proces sposoben izdelovati kakovostne izdelke v predpisani količini.

Z naslednjim korakom – predserijo – se faza industrializacije zaključuje. Zagotoviti je potrebno zadostno število sestavnih delov ter se tako pripraviti na začetek povečanja naroči ter start polne proizvodnje.

2.4.7 Zaključna faza

Zaključna faza je namenjena oceni rezultatov projektnega dela. Ko projekt v proizvodnji teče s polno načrtovano kapaciteto ter so vsa odprta vprašanja rešena, je potrebno preveriti, ali so bili doseženi cilji, ki smo si jih glede stroškov, kakovosti ter časovnih rokov zadali ob začetku projekta. V kolikor so cilji doseženi, se lahko člane projektne skupine razbremenijo odgovornosti ter razvojni projekt zaključi. V nasprotnem primeru, ko kateri od ciljev, običajno kakovost ali stroški izdelka, ni na načrtovanem nivoju, pa člani skupine ostanejo odgovorni za svoja področja toliko časa, da pride do realizacije ciljev.

Pred zaključkom projekta je smiselno, da se izvede retrospekcija opravljenega dela ter se poskuša identificirati tiste napake in »lekcije«, s katerimi so se sodelavci projekta srečali ter bi se jim bilo v prihodnje možno ter dobro izogniti.

2.5 Pomen laboratorijskega testiranja izdelkov

Kot smo videli v opisu metodologij razvijanja izdelkov, so sistemi izdelani z namenom, da se skozi proces razvoja najprej prepozna, potem pa v polni meri upošteva pričakovanja kupca.

V opisu APQP sistema QS smo videli, da osrednjo vlogo načrtovanja kakovosti izdelka nosi *kontrolni načrt kakovosti*. Gre v načelu za dokument, ki je lasten posameznemu izdelku. Sestavlja ga zbir pisnih navodil za preverjanje izdelka oz.

procesa. Sistem QS pozna tri ločene kontrolne načrte in sicer za prototipne izdelke, za izdelke v predseriji ter za izdelke v redni proizvodnji.

Prva dva povzemata navodila za preskušanje dimenzijske ustreznosti ter funkcijsko preskušanje, ki je predvideno za prototipne izdelke oz. izdelke iz predserije. Kontrolni načrt za izdelke iz serije pa opisuje polno preverjanje izdelčnih ter procesnih parametrov ter merskih sistemov, ki jih je potrebno nadzorovati oz. izvajati med redno proizvodnjo.

Sistem zagotavljanja kakovosti VDA v fazi razvoja in verificiranja izdelka, podobno predvideva preverjanja funkcijskih sposobnosti izdelkov ter procesa. Ugotoviti je potrebno, ali izvedene rešitve ustrezajo pričakovanjem kupca. Kupec se nato sam ali v povezavi s proizvajalcem s testiranjem prepriča, ali so bile na izdelku resnično upoštevane vse njegove želje ter izdelek izpolnjuje njegova pričakovanja.

Sistem razvijanja izdelkov v mednarodnem podjetju, ki smo ga obravnavali kot zadnjega, analogno kot oba prej opisana, predvideva testiranja v več fazah razvoja. Ker gre za unijo vseh zahtev avtomobilskih proizvajalcev, je razumljivo, da mora zadostiti obema zahtevama, tako da določene korake obravnava bolj poglobljeno.

Videli smo, da je potrebno tekom razvojnega cikla pogosto ugotavljati, ali izvedene izdelčne rešitve ustrezajo pričakovanjem kupca.

Na področju, ki ga pokriva opazovano podjetje, gre predvsem za fotometrična, mehanska, termodinamska preskušanja ter preskušanja kemične obstojnosti.

Glede na stopnjo v razvojnem procesu ločimo več podskupin testiranj:

- preskušanje v predrazvoju,
- preskušanje prototipnih izdelkov,
- preskušanje prvih vzorcev,
- kvalifikacija izdelka,
- periodično preskušanje izdelkov v proizvodnji,
- preskušanje za ugotavljanje odstopanj posameznih karakteristik izdelkov v redni proizvodnji.

2.5.1 Preskušanje v predrazvoju

Gre za preskušanje posameznih rešitev, ki jih želimo uporabiti pri konstrukciji, a niso omejene na konkretni izdelek. Običajno se osredotočimo na posamezni preskus, s katerim preverjamo različne konstrukcijske variante. Če so predrazvojne aktivnosti

izvedene korektno ter v zadostnem obsegu, lahko močno olajšamo delo konstrukterjem, ki morajo na konkretnih projektih uporabljati preskušene rešitve. Na ta način se zmanjšajo tudi stroški razvoja ter skrajšajo časovni roki potrebni za razvoj konkretnih izdelkov.

2.5.2 Preskušanje prototipnih izdelkov

Prototipi se od končnih izdelkov razlikujejo predvsem v tem, da niso narejeni iz pravih, produkcijskih orodij. Izdelani so s pomočjo alternativnih metod, v našem primeru običajno z razmnoževanjem stereolitografskih izdelkov s pomočjo vlivanja v silikonska orodja. Imajo že predvideno 3D obliko, tako da je z njihovo pomočjo že možno preverjanje vgradljivosti v višje sestavne sklope, možne so tudi druge meritve, vendar običajno v precej omejenem obsegu. Uporabljeni materiali zaradi tehnike izdelave ne ustrezajo materialom, ki bodo kasneje uporabljeni v pravem izdelku, tako so žal tudi njihove mehanske, predvsem pa termične lastnosti drugačne, zato pride običajno pri tovrstnih preskušanjih do njihove trajne deformacije in za nadaljnja preskušanja niso več uporabni.

2.5.3 Preskušanje prvih vzorcev

Gre za izdelke, ki so izdelani že s produkcijskimi orodji ter posledično iz predvidenih materialov. Od končnih izdelkov se ločijo le v tem, da niso bili izdelani med načrtovanim, stabilnim proizvodnim procesom.

Na njih je možno izvesti vsa preskušanja, ki so bila predvidena v kontrolnem načrtu. Prvič lahko izvedemo vsa zahtevana termodinamska testiranja, ki potrdijo pravilnost odločitve za izbiro določenega plastičnega materiala. V kolikor odločitev ni bila pravilna, je potrebno spremeniti material, kar pa lahko za seboj potegne tudi odločitve o modifikaciji orodja, ki so lahko zelo drage. Izvedba orodij je namreč odvisna od izbire materiala, saj so s tem določeni parametri brizganja ter krčenje po odvzemu iz orodij.

S preskušanjem prvih vzorcev lahko izvedemo tudi preskušanja mehanskih lastnosti. Izdelki že imajo načrtovano trdnost, tako da lahko izvedemo npr. testiranje vibracij. Pogostokrat se zgodi, da načrtovana trdnost ne ustreza pobojem preskušani, bodisi zaradi procesno pogojenih okoliščin ali zaradi napak pri numeričnih preračunih.

Testiranje prvih vzorcev je ključnega pomena za optimiranje proizvodnih sredstev.

2.5.4 Kvalifikacija izdelka

Ko so konstrukcija izdelka ter produkcijska sredstva dokončana in je proces optimiran, je potrebno formalno ugotoviti, da izdelek v resnici ustreza pričakovanjem kupca. V ta namen se pri proizvajalcu izvede auto-kvalifikacija, enak postopek lahko ponovi tudi kupec. Gre za izvedbo vseh preskusov, ki so bili predvideni v usklajenem kontrolnem načrtu. Gre za formalno zelo pomemben korak. Ustreznost zahtevanega se ponovno ugotavlja s preskušanjem v laboratoriju.

2.5.5 Periodično preskušanje izdelkov v proizvodnji

S kvalifikacijo izdelka se obdobje intenzivnega preskušanja posameznega izdelka zaključi. Izdelek je primeren za redno proizvodnjo, kjer preverjanje poteka skladno z dogovorjenim kontrolnim načrtom.

Določene osnovne karakteristike je možno preverjati na proizvodni liniji že v teku proizvodnega procesa. Večinoma gre za redna vzorčenja s predpisano frekvenco ter velikostjo vzorca, za pomembne karakteristike je predvidena lahko tudi 100 % kontrola, lahko tudi v obliki integrirane kontrolne delovne postaja na sami montažni liniji.

Določena preskušanja, ki so v primerjavi s ciklom proizvodne linije dolgotrajna, ali pa opreme za njihovo izvedbo zaradi različnih vzrokov ni mogoče instalirati v proizvodno linijo, je še vedno potrebno izvesti v laboratoriju.

Ne glede na to pa je za vse izdelke, ki so v redni proizvodnji, potrebno skladno s kontrolnim načrtom izvesti redna periodična preverjanja proizvodnje. Gre za preskuse, s katerimi se nekajkrat na leto ugotavlja, ali so želene karakteristike še vedno v intervalih, ki so bili načrtovani ali pa je zaradi sprememb v procesu ali obrabe produkcijskih sredstev prišlo do odstopanj. Vsa periodična preverjanja se izvajajo v laboratoriju.

2.5.6 Ugotavljanje odstopanj karakteristik izdelkov v redni proizvodnji

Med redno proizvodnjo na kvaliteto izdelka vplivajo različni vplivi: statistično nihanje procesnih parametrov izdelave, nihanja kakovosti vhodnih surovin, menjavanje osebja ipd. V kolikor sta bila izdelek in proces načrtovana pravilno, vpliv opisanega nihanja ne sme biti znaten.

Lahko pa se zgodi, da zaradi neznanega vzroka na liniji pride do odstopanj, lahko tudi pomembnih karakteristik. Takrat je naloga laboratorija, da skupaj s produkcijskim tehnologom poskuša v najkrajšem možnem času najti vzrok odstopanj ter zagotoviti, da

v prihodnje do tega ne bo več prihajalo. Laboratorij je tisto mesto v podjetju, kjer je zbrana vsa potrebna merilna oprema, s katero je mogoče kvalificirano ugotoviti odstopanja posameznih merljivih količin.

2.5.7 Sklep

Kot smo videli, so laboratorijska preskušanja sestavni del razvojnega procesa ter predstavljajo ključni arbiter glede kakovosti in izpolnjevanja kupčevih pričakovanj. Organizacija dela v laboratoriju je zato ključnega pomena.

V nadaljevanju bomo na podlagi analize dela v laboratoriju poskušali izdelati delujoč prototip laboratorijskega informacijskega sistema, ki bo omogočal poenostavljeno ravnanje z naročili, izvedbo ter rezultati laboratorijskih preskušanj.

3 Večkriterijsko odločanje

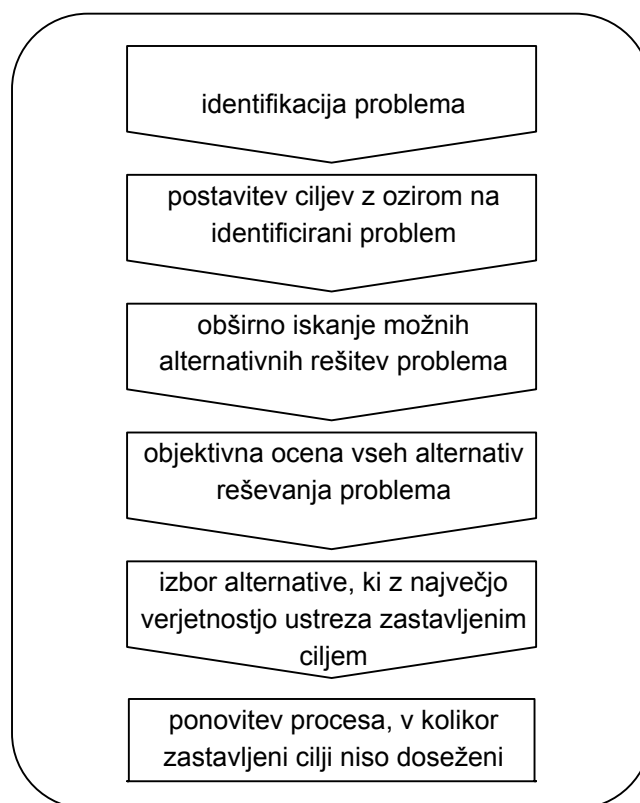
3.1 Odločanje

Proces odločanja je eden od centralnih procesov v organizacijah in osrednja naloga managementa na vseh nivojih. Vse kar se v določenem trenutku v določeni organizaciji dogaja, je odločanje oz. izvajanje predhodnega procesa odločanja.

S problemi odločanja se ukvarja vrsta znanstvenih področij in disciplin od filozofije (aksiologija – nauk o vrednotah), psihologije, ekonomije in matematike do bolj specifičnih, kot sta odločitvena teorija in odločitvena analiza [Bohanec, Rajkovič, 1995].

Da bi lahko dosegli napredek v procesu odločanja, je potrebno njegovo poznavanje. Kot osnovni model razumevanja procesa odločanja se omenja racionalni odločitveni model [Heracleous, 1994]. Posamezne korake lahko predstavimo s shemo.

Slika 6: Racionalni odločitveni model.



Model temelji na predpostavkah in ima značilnosti, ki jih je pri razumevanju potrebno upoštevati.

Model predpostavlja, da:

- a) odločevalci jasno in nedvoumno razumejo naravo problema ter svoje cilje v zvezi s problemom,
- b) je obširno iskanje alternativnih možnosti rešitve problema izvedljivo in je opravljeno pred odločanjem,
- c) je vsaka alternativna možnost objektivno ocenjena z vidika doseganja zastavljenih ciljev pri reševanju problema. Alternativna možnost, ki najverjetneje izpolnjuje vse zastavljene cilje pri reševanju problema, je v odločitvenem procesu izbrana in kasneje tudi izvedena.
- d) se izvaja stalno in objektivno spremljanje posledic izbrane alternativne možnosti ter se jih primerja z želenimi cilji,
- e) se racionalni odločitveni model ne ozira na omejevalne vplive in filtriranja organizacijske paradigme¹⁵ na celoten odločitveni proces,
- f) model ne upošteva znatnega vpliva političnega obnašanja na odločitveni proces.

Empirične raziskave so pokazale, da omenjene predpostavke v realnem življenju ne držijo povsem.

Predpostavka a: Odločevalci jasno in nedvoumno razumejo naravo problema ter svoje cilje v zvezi s problemom.

Empirične raziskave so pokazale, kar srečujemo tudi v vsakdanjem življenju, da jasno in nedvoumno razumevanje problemov v praksi ni pravilo. Vsi odločevalci navadno ne poznajo vseh podrobnosti problema, pri reševanju samem se navadno šele pokažejo cilji, ki bi načeloma morali biti določevalcem jasni že ob začetku. Pri kompleksnejših odločitvenih problemih je točne in podrobne cilje težko definirati že na začetku, če pa jih je mogoče, odločevalci podrobnosti navadno zaradi stopnje v hierarhiji ne poznajo vseh podrobnosti.

Predpostavka b: Obširno iskanje alternativnih možnosti rešitve problema je izvedljivo in je opravljeno pred odločanjem.

Iskanje alternativnih možnosti se bolj pogosto začne z iskanjem podobnih rešitev problema v preteklosti kot z objektivnim iskanjem vseh možnih rešitev. V kolikor že

¹⁵ *Organizacijska paradigma*: mnenja, ki jih ima določena organizacija o sami sebi in o njenem okolju, ki vplivajo na njeno interpretiranje in dejanja v tem okolju ter so v različnih stopnjah posredovana članom organizacije. Organizacijska paradigma se razvija skozi zgodovino posamezne organizacije. Nanjo vplivajo izkušnje organizacije, organizacijska struktura, posamezni močni vodstveni liki ipd. Ohranja se v različnih oblikah, npr. organizacijski strukturi, strukturi moči, določenih postopkih, zgodbah, simbolih [Heraceous, 1994].

znane rešitve ne dajo zelenih rezultatov, se izvede obširno iskanje vseh alternativnih možnosti. V večini primerov je iskanje alternativ neformalno, kvalitativno namesto kvantitativno ter pod vplivom organizacijske paradigme.

Obširno iskanje običajno tudi ni mogoče zaradi objektivnih razlogov. Problemi, katerim je potrebno najti alternativne rešitve, so slabo formulirani, prekompleksni. S kompleksnostjo problemov naraščajo potrebna sredstva ter čas, potreben za obširno iskanje alternativ, kar pa običajno ni na razpolago, posebno v urgentnih primerih, ko morajo biti odločitve sprejete v ozkih časovnih in finančnih okvirih.

Predpostavka c: Vsaka alternativna možnost je objektivno ocenjena z vidika doseganja zastavljenih ciljev pri reševanju problema. Alternativna možnost, ki najverjetneje izpolnjuje vse zastavljene cilje pri reševanju problema, je v odločitvenem procesu izbrana in kasneje tudi izvedena.

Izkušnje kažejo, da izbira alternative v procesu odločanja običajno ni sad formalne objektivne ocene vseh možnih rešitev, temveč je na podlagi preteklih izkušenj posledica sodbe managementa, ki je velikokrat pod vplivom organizacijske paradigme in političnega barantanja. Izbira alternativ poteka bolj s primerjavo rezultatov posameznih alternativ med seboj kot neodvisnim ovrednotenjem posamezne alternative ter primerjavo tako dobljenih rezultatov.

Tudi ko je obširno iskanje možnih alternativ v resnici izvedeno, navadno zaradi časovne stiske pride do »omejene racionalnosti« pri obdelavi vseh podatkov, ki so na razpolago.

Predpostavka d: Izvaja se stalno in objektivno spremljanje posledic izbrane alternativne možnosti ter se jih primerja z zelenimi cilji.

Pridobivanje jasnih in nedvoumnih informacij o posledicah izvajanja določenih ukrepov je pogosto zelo težko, včasih celo popolnoma nemogoče. V določenih preprostih, krajevno in časovno omejenih okoljih, je spremljanje rezultatov akcij možno. Pri strateških odločitvah, ki zahtevajo uporabo večjega števila virov in so namenjene daljšim časovnim horizontom, so povratne informacije dvoumne in praviloma neažurne. V okolju velikih organizacij je veliko faktorjev, ki z različno intenziteto neprekinjeno vplivajo na obnašanje ter lahko tako zamegljujejo opazovane učinke.

Poleg omenjenega se informacije v organizaciji lahko različno interpretirajo glede na to, kako lahko rezultati informacij vplivajo na položaj posameznih nosilcev znotraj organizacije. Določene informacije se tako zavestno poudarja, neugodnim pa se

posveča manj pozornosti. Tako izkrivljene informacije težko služijo kot objektivna izhodišča za oceno izvedenih ukrepov.

Predpostavka e: Racionalni odločitveni model se ne ozira na omejevalne vplive in filtriranja organizacijske paradigme na celoten odločitveni proces.

Kot že omenjeno, organizacijska paradigma predstavlja mnenja, ki jih ima določena organizacija o sami sebi in o njenem okolju. Mnenja vplivajo na njeno interpretiranje dogajanja okrog nje ter njena odzivanja v okolju. Paradigma končno, kot del mišljenja članov organizacije, (podzavestno) vpliva na opazovane in izbrane alternativne možnosti ob reševanju odločitvenega problema.

Predpostavka f: Model ne upošteva znatnega vpliva političnega obnašanja na odločitveni proces.

Politično obnašanje predstavlja obnašanje posameznikov v organizaciji, ki favorizira določene parcialne interese in se ne ozirajo na dobrobit organizacije kot celote. Običajno je vzorec političnega obnašanja moč opaziti pri trenutnih strukturah moči. V kolikor obravnavane alternativne možnosti v sklopu reševanja problemske situacije predvidevajo spremembo – prerazporeditev organizacijske moči - lahko opazimo politično obnašanje, ki ima lahko za končno posledico izbiro manj optimalne rešitve ter v splošnem ohranjanje obstoječega stanja.

Iz povedanega sledi, da racionalni odločitveni model le težko opiše sprejemanje odločitev v praksi. Pojavi se vprašanje, ali je ob opisanih napakah racionalni odločitveni model sploh še primerno orodje za uporabo pri realnih odločitvenih problemih. Postopek izbire racionalne odločitve ne predvideva množice vplivov, ki v realnem svetu dejansko vplivajo na konkretne rešitve. Zakaj potem sploh še uporabljati racionalni odločitveni model? Zakaj je videz racionalne izbire tako pomemben pri individualnem ali skupinskem odločanju? Eden od vzrokov gotovo leži v poudarku naše kulture na racionalni utemeljenosti izbranih akcij, ki naj bi vodile, po racionalni poti, do zastavljenih ciljev. Odločitve, ki izvirajo iz racionalnega postopka izbire, dajejo iniciatorju zaščito pred morebitnimi kasnejšimi kritikami, kljub temu da tako dobljeni rezultati niso vedno optimalni. Morda zadnji razlog za sklicevanje na racionalen odločitveni model je dejstvo, da se pri neukrepanju ob določenih problemskih situacijah radi izgovarjamo na obširno zbiranje relevantnih informacij in njihovih posledic, ki v resnici lahko predstavljajo časovno najobsežnejšo in tehnično najzahtevnejšo etapo reševanja problema.

3.1.1 Pogoji za učinkovito odločanje

Da je odločanje lahko učinkovito, morajo biti izpolnjeni nekateri pogoji. Vsak odločitveni proces je odvisen od množice dejavnikov, k jih v grobem lahko razdelimo v tri skupine: strukturne in procesne pogoje ter lastnosti organizacijske kulture.

S strukturnimi pogoji skušamo s pomočjo sestave odločitvene skupine doseči učinkovitejše odločanje. Med strukturne pogoje štejemo:

- ustrezna sestava odločitvene skupine: pri oblikovanju odločitvene skupine je smotno upoštevati okolje in izkušnje, ki jih posamezen član skupine predstavlja in ima. Želimo je, da pri izbiri ljudi v odločitveno skupino poskušamo doseči čim širši spekter, ki ga skupina pokriva. Taka sestava zagotavlja, da bo določena problemska situacija pred odločitvijo osvetljena s kar se da velikega zornega kota.
- strukturiranje skupine: ko je odločitvena skupina velika, je zaradi učinkovitega dela smiselno reševanje problemske situacije razdeliti v več manjših podskupin. Razprava lahko bolj intenzivno poteka v ožjih skupinah, ki prečistijo svoje stališče in ga v plenumu posredujejo drugim. Na ta način se izognemo neučinkovitosti dela v velikih skupinah.
- zagotavljanje pogleda od zunaj: s problematiko neobremenjeni člani odločitvene skupine lahko problem vidijo v povsem drugi luči, kar lahko pripomore k večji inovativnosti pri iskanju rešitev. V ta namen svoje storitve ponujajo svetovalna podjetja, ki s splošnimi izkušnjami ter neobremenjenostjo lahko prerežejo gordijski vozel, ko skupina ne more najti primerne rešitve.
- zavestno kritično gledanje na dogajanje med procesom: vlogo »hudičevega advokata«¹⁶ podelimo vsakič drugemu članu skupine, ki poskuša s kritičnim opazovanjem opozoriti na nepravilnosti, nedoslednosti, pasti.

Ko so izpolnjeni ustrezni strukturni pogoji, lahko z zagotovitvijo procesnih pogojev poskušamo izboljšati odločitveni proces. Med procesne pogoje štejemo:

- spodbujanje diskusije: pri odločitvenem procesu je pomembno, da se pretehtajo vsi argumenti, ki določeno rešitev spodbujajo oz. govorijo proti njej. Spodbujanje (in ne zaviranje) diskusije spada v eno od osnovnih dejavnosti obširnega iskanja alternativnih rešitev problema.

¹⁶ Z Adizesovimi vedenjskimi vzorci lahko »hudičevega advokata« opišemo kot pAEi, [Lipičnik, 1998]. Močno izraženi sta komponenti A – administrator in E – podjetni, manj P – proizvajalec in I – integrator. »Hudičev advokat« se znajde v planiranju, usklajevanju in nadzoru izvajanja. Ker ni

-
- iskanje od začetka: vodja naj na začetku odločitvenega procesa ne izpostavi svojega stališča in pogleda, ker le-to lahko vpliva na smer poteka odločitvenega procesa. Z vnaprej podanim mnenjem lahko odbijemo boljše, inovativnejše ideje, ki bi se pojavile brez vnaprej določene smeri razmišljanja.
 - izdelava scenarijev: priporočeno je preveriti vse možne izide dane problemske situacije. Scenariji v kar največji meri predvidijo razvoj dogodkov ob izbiri določene alternativne opcije. Tako oblikovani pripomorejo k odločitvam, ko je le te potrebno naknadno izvesti v zelo kratkem časovnem obdobju.
 - iskanje mnenj zunaj odločitvene skupine: mnenja neprizadetih lahko odprejo nova gledišča, kar lahko pripomore k pravilnemu poteku odločanja.
 - informacijski sistemi: ko imamo opraviti z veliko količino podatkov, ki so za odločanje potrebni, je smiselno poskrbeti za ustrezen informacijski sistem, ki bo zagotavljal vsem enake in dostopne informacije. Informacijski sistem zagotavlja pregled nad dogovorjenimi akcijami ter omogoča pravočasno ukrepanje ob ugotovitvi odstopanj.

Zadnja skupina pogojev za uspešen odločitveni proces so potrebne lastnosti organizacijske kulture:

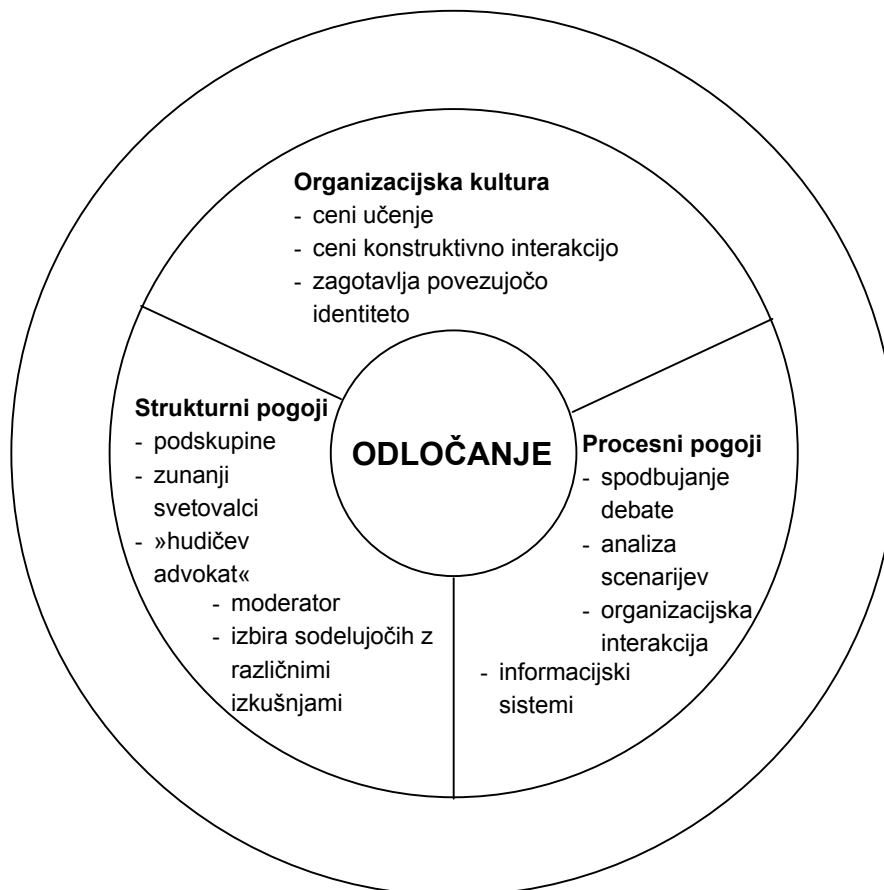
- spodbujanje učeče organizacije: organizacijska kultura mora ceniti in spodbujati učenje. Vrhovno poslovodstvo mora zagotoviti pogoje za tako klimo v organizaciji. Tako učečo organizacijo lahko definiramo kot »organizacijo, ki je vešča v ustvarjanju, pridobivanju in prenosu znanja ter sposobna spreminjanja lastnega obnašanja kot posledica novih spoznanj in znanja« [Heracleous, 1994]. Za take organizacije velja, da so vešče v (1) sistematičnem reševanju problemov; (2) eksperimentiranju z novimi pristopi; (3) učenje iz lastnih izkušenj in lastne zgodovine; (4) učenje iz izkušenj drugih in prevzemanju njihovih pozitivnih pristopov, rešitev; (5) hitrem in učinkovitem prenosu znanja skozi vso organizacijo.
- organizacijska kultura mora spodbujati izmenjavo različnih pogledov, stališč: člani organizacije se morajo zavedati omejujoče vloge ter filtriranja v njihovem podzavestnem razmišljanju. Le-to vpliva na njihovo interpretacijo in ravnanje ter posledično na odločitveni proces. Zavedanje tega dejstva vodi do večje sprejemljivosti do novih idej, ki niso del »repertoarja« odločitvene skupine.

»proizvajalec«, stvari obvlada teoretično. Ni »integrator«, zato v skupini lahko deluje destruktivno. Njegovo prevladujoče obnašanje je kontroliranje izvajanja in kreiranje novih idej.

-
- povezovalne vrednote: da bi izmenjavanje različnih pogledov in stališč ostalo konstruktivno, morajo v organizaciji obstajati višje vrednote spoštovanja mnenja ostalih. Želeno je, da obstaja povezujoča organizacijska identiteta, ki jo spodbujajo učinkoviti vodje.

Omenjene pogoje za učinkovit odločitveni proces predstavlja spodnja slika.

Slika 7: Pogoji, ki pospešujejo učinkovito odločanje [Heracleous, 1994].



Strukturni, procesni in kulturni pogoji so v realnem življenju med seboj prepleteni. Organizacijska kultura npr. ne more spodbujati učeče se organizacije brez ustreznih strukturnih pogojev (npr. primerne skupine, zunanji svetovalci) ter procesnih pogojev (informacijski sistem, različne tehnike).

Uporaba racionalnega odločitvenega modela je omejena na relativno preproste primere, kjer so cilji jasno določeni, nedvoumni in usklajeni znotraj organizacije ter so vzročno posledične relacije znane. Take primere najdemo običajno zgolj v klasičnih primerih optimizacije znotraj poslovnih znanosti, običajno se jih da dokaj enostavno modelirati in avtomatizirati s pomočjo informacijskih tehnologij.

V realnem svetu, ko o posameznem odločitvenem problemu odloča navadno skupina odločevalcev, ko so problemi kompleksni, okolje hitro spreminjajoče in nepredvidljivo,

postane »ciljna racionalnost« manj uporabna in se je potrebno zateči k »pogojni racionalnosti«. Ugotovimo lahko, da v omenjenih pogojih, kljub jasnim manifestacijam problemov, le s težavo ugotovimo njihove vzroke.

Iz povedanega sledi, da čeprav racionalni odločitveni model po svoji vsebini ni napačen, v takih primerih ne zadošča.

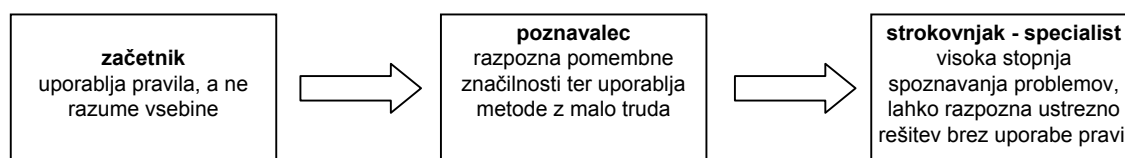
Da bi izboljšali kvaliteto procesa in rezultatov odločanja, se moramo zavedati socialnih, političnih in kognitivnih vplivov na proces odločanja ter pri procesu uporabiti njihove pozitivne učinke, zavestno pa je potrebno odstraniti negativne. Prizadevati si je potrebno za doseganje ustreznih strukturnih, procesnih in organizacijsko kulturnih pogojev.

3.2 Ekspertni sistemi

3.2.1 Uvod

Kvalitetno lahko odločamo o stvareh, o katerih posedujemo potrebno znanje. Pri zahtevnih problemih je potrebno specialno, strokovno ali ekspertno znanje.

Slika 8: Razvoj strokovnega znanja. Strokovnjaki - eksperti pridejo do svojega znanja na podlagi izkušenj. Probleme lahko rešujejo na višjem nivoju, kjer morajo manj izkušeni uporabljati pravila ali strategije, ki jim pri tem pomagajo [Hart, 1988].



Znanje je pomembno, ker z njim lahko rešujemo probleme. Odvisno je od konteksta in vsebine problema. Znanje, ki ga lahko poseduje posameznik, je omejeno na majhno število področij. Ljudje, ki bi posedovali strokovno znanje na vseh področjih, ne obstajajo. V resnici s specializacijo na določenem področju postajamo manj specializirani na ostalih področjih. Na strokovnih področjih strokovnjaki bolje poznajo problematiko, ki lahko nastopi, kot nekdo, ki se s tem področjem ne ukvarja. Zaradi njihovega poznavanja področja se je z njimi smiselno posvetovati, ko se srečamo s problemi, ki jih sami ne znamo rešiti.

Glede na stopnjo posedovanja znanja se spreminjajo tudi vzorci ravnanja ob reševanju problemske situacije.

Začetnik ob reševanju nepoznanega problema uporablja pravila, ki so mu bila dana. Ker nima lastnih izkušenj, se strogo drži pravil. Z reševanjem večjega števila problemov sam pridobiva izkušnje. Z njimi je kmalu sposoben dokaj hitrega prepoznavanja problemskih situacij ter zmožen izbiranja strategij. Strategije v tem primeru predstavljajo sistem dejstev in uporabo določenih, od problemske situacije odvisnih, pravil.

Izkušen reševalec probleme rešuje intuitivno, brez napora. Njegove izkušnje so tolikšne, da intuitivno sklepa, katera od možnih variant rešitve bi lahko bila prava.

Strokovnjak–ekspert je svoje izkušnje pridobil z dolgoletnim reševanjem problemov na področju, ki ga obvlada. Med svojim delom je pridobil veliko izkušenj ter se srečal

z raznovrstnimi problemi, tako da lahko poveže dano problemsko situacijo s poznano (prototipno) ter poda rešitev, brez da bi uporabil različne strategije za iskanje rešitve.

Ker v realnem življenju večinoma ne posedujemo strokovnega znanja na vseh področjih, se moramo ob pojavu problemske situacije, ki je ne poznamo, obrniti po pomoč k strokovnjaku – ekspertu.

Nasvet običajno iščemo, ko:

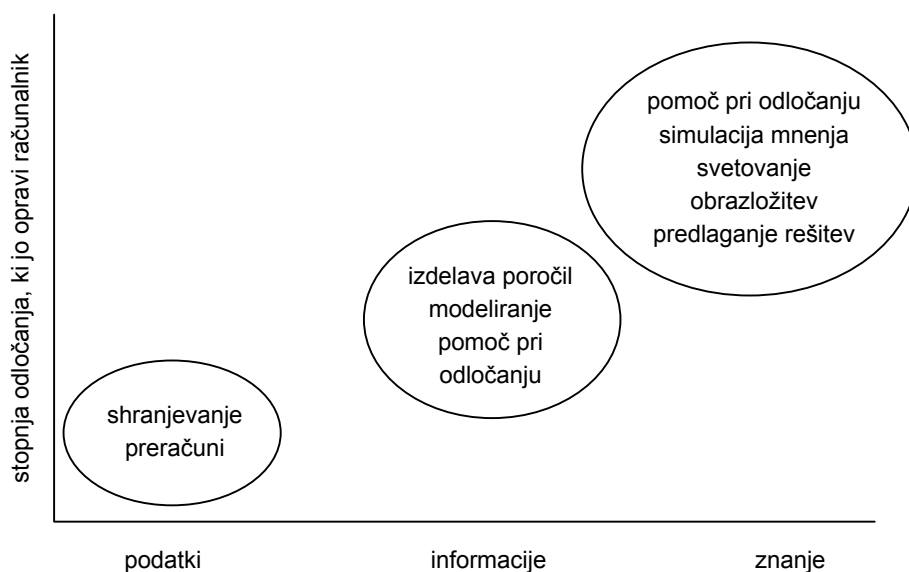
- smo določeno, že pridobljeno znanje izgubili,
- nismo povsem prepričani v pravilnost našega znanja,
- problematike nikoli nismo poznali,
- želimo poglobiti svoje znanje.

Znanje, ki ga posedujejo strokovnjaki, je mogoče v določeni meri zajeti s pomočjo računalniške tehnologije. Pri odločanju nasploh si z omenjeno tehnologijo lahko pomagamo na različnih nivojih.

Slika 9: Uporaba računalnikov v procesu reševanja problemov.

Z večanjem kompleksnosti informacij vloga računalnika v procesu odločanja postaja bolj rafinirana.

[Hart, 1988].

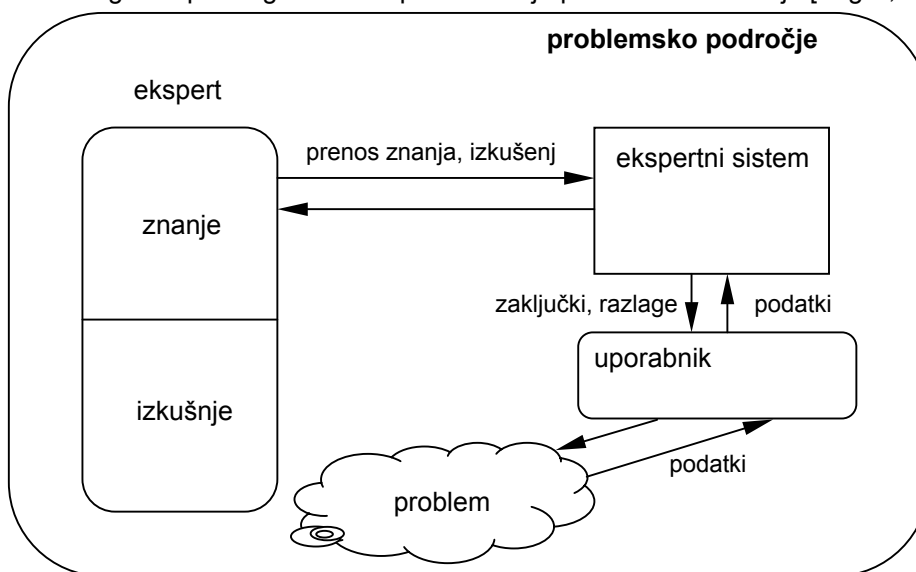


Od računalniškega sistema, ki simulira znanje specialistov, pričakujemo, da:

- na svojem področju poseduje znanje, kot bi ga posedovali strokovnjaki,
- je sposoben izpraševanja, uporabe ter formuliranja določenega ozkega področja znanja,
- je sposoben pojasnjevanja predlaganih rezultatov,
- je sposoben upoštevati različne stopnje verjetnosti vhodnih podatkov.

Računalniški sistem, ki simulira in poseduje znanje specialistov, imenujemo ekspertni sistem. Zanj obstaja več definicij, ki se med seboj razlikujejo po svoji kompleksnosti ter vidiku, ki ga želijo poudariti. V literaturi kot bolj izpopolnjeno definicijo ekspertnega sistema naletimo na (Štiglic, 2000): »Računalniški program, ki uporablja model znanja in pripadajoče postopke eksperta za reševanje problemov. Znanje je sestavljeno iz dejstev in metod, ki so običajno pravila, do katerih se prebijejo eksperti s svojimi izkušnjami.«

Slika 10: Vloga ekspertnega sistema pri reševanju problemske situacije [Štiglic, 2000].



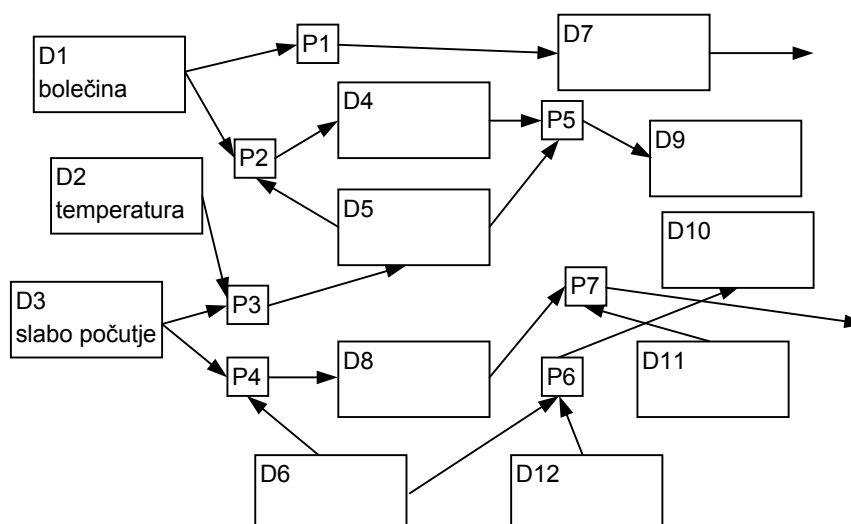
Dejstva predstavljajo osnovne gradnike znanja, ki jih vsebuje nek ekspertni sistem. S pomočjo pravil, ki predstavljajo odnose med dejstvi, lahko sestavimo sestavljena dejstva oz. sklepe. Sklepanje z uporabo dejstev in pravil predstavlja mreža sklepanja, ki jo predstavlja .

Ekspertni sistemi lahko poleg eksplicitnih¹⁷ pravil vsebujejo tudi znanje, ki ni jasno izraženo in definirano. »Približna« pravila, ki jih v realnem življenju velikokrat

¹⁷ Jasno izražena pravila lahko zapišemo eksplicitno, npr.: **če velja**, oseba je ženskega spola **ter** oseba je poročena, **potem sledi** oseba je poročena ženska.

srečujemo, imenujemo hevristična¹⁸ pravila. Zanje je značilno, da veljajo zgolj približno, stopnje verjetnosti zanje pa ne moremo eksplicitno podati.¹⁹

Slika 11: Zgradbe mreže sklepanja. Mreža sklepanja kaže, kako z uporabo dejstev (D) in pravil (P) pridemo do sklepa. Pri sklepanju dejstva povezujemo s pravili. [Hart, 1988].



Ekspertni sistemi pri obdelavi dejstev uporabljajo pravila. Pravila pa lahko uporabljamo na več načinov. Način uporabe pravil predstavlja pojem »veriženje«.

Pravilo

če <pogoj> potem <posledica>

lahko uporabimo na dva načina.

Pri »veriženju naprej« pravilo beremo od leve proti desni. Dejstva, v pravilu označena kot <pogoj>, nas z uporabo pravil privedejo do možnih posledic. »Veriženje nazaj« deluje v obratni smeri. Iz znanih posledic s pomočjo poznanih pravil iščemo možne vzroke in šele nato poskušamo ugotoviti, ali so vzroki prisotni ali ne.

3.2.2 Zgradba ekspertnega sistema

Ekspertni sistemi so v splošnem zgrajeni iz treh osnovnih gradnikov: baze znanja, mehanizma sklepanja in uporabniškega vmesnika.

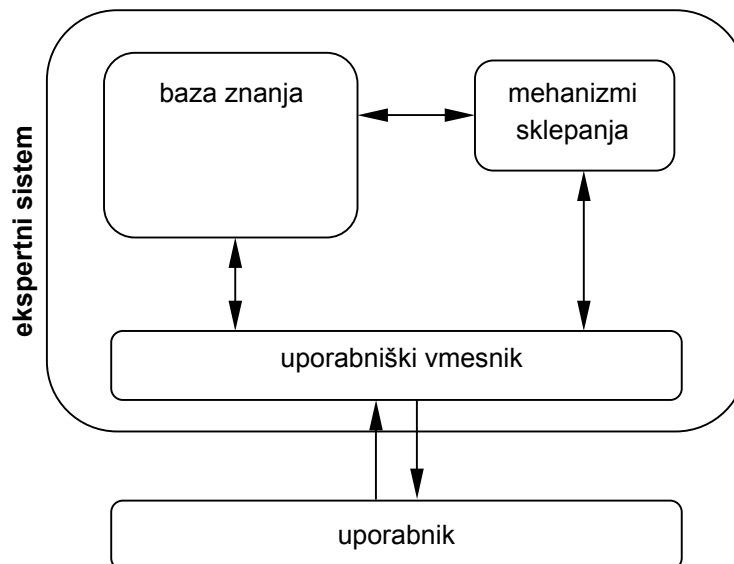
- Baza znanja vsebuje dejstva, ki predstavljajo znanje z določenega področja.
- Mehanizmi sklepanja predstavljajo programsko osnovo, ki uporablja pravila ter z njimi izvaja proces sklepanja oz. reševanja problema.

¹⁸ Hevristika: nauk o metodah raziskovanja in pridobivanja novih spoznanj. (SSKJ)

¹⁹ Primer hevrističnega pravila: **če** pacientova telesna teža je previsoka **ter** pacient ima povečan krvni tlak, **potem** možnost infarkta je zelo verjetna.

- Uporabniški vmesnik predstavlja povezavo med ekspertnim sistemom in uporabnikom. Uporabnik z vmesnikom v bazo znanja dodaja nova dejstva, vmesnik pa omogoča, da uporabnik analizira proces reševanja problema. Pri bolj izpopolnjenih ekspertnih sistemih vmesnik omogoča tudi izdelavo različnih vrst izpisov, predstavitev, poročil.

Slika 12: Klasična zgradba ekspertnega sistema.



Pri izdelavi ekspertnega sistema je potrebno upoštevati:

- da ekspertni sistem sam (načeloma) ne more pridobivati znanja na določenem problemskem področju. Vse znanje, ki ga sistem vsebuje, je potrebno pridobiti od ekspertov za opazovano področje.
- korake procesa odločanja, ki so bili predstavljeni v poglavju 3.1 *Odločanje*. Sistem mora omogočati podporo čim večjemu številu korakov odločanja racionalnega odločitvenega modela. Hkrati pričakujemo, da sistem lahko predstavi dobljene rezultate na pregleden in razumljiv način.

Sistem mora izpolnjevati naslednje pogoje, ki zagotavljajo učinkovito delo uporabnikov [Štiglic, 2000]:

- interaktiven način delovanja – interaktivna podpora,
- visoka stopnja povezave med uporabnikom, ekspertnim sistemom in situacijo učenja,
- hitro prilagajanje uporabnikovim zahtevam,
- prenosljivost na različno strojno opremo,
- zanesljivost,
- sprejemljivo kratki odzivni časi.

.Ko ekspertni sistem izvaja proces sklepanja ter predstavi dobljeni rezultat, upravičeno pričakujemo, da poleg predstavitve rezultata omogoča tudi razlago in analizo posopka, ki je pripeljal do danega rezultata.

Ekspertni sistem je smiselno uporabiti na področjih, kjer:

- situacija zahteva več logičnega sklepanja kot matematičnega računanja,
- je znanje na problemskem področju specifično in ni plod enostavnega sklepanja, ampak poznavanja področja,
- uporabnik od sistema kot odgovor pričakuje dobro definirane rešitve, ki jih je možno vnaprej določiti in predvideti,
- je vnaprej možno, na podlagi podanih dejstev, predvideti pravila, ki naj jih sistem uporabi pri sklepanju,
- je proces sklepanja toliko kompleksen, da se je zanj izplačalo izdelati ekspertni sistem,
- je proces sklepanja še obvladljive velikosti,
- za izgradnjo ekspertnega sistema obstajajo poslovni razlogi. Z uvedbo si ometamo zmanjšanje stroškov. Strokovnjaki skrbijo za prenos znanja v ekspertni sistem in ne rešujejo več množice drobnih, zanje trivialnih opravil. Le-ta so sedaj prepuščena uporabnikom ekspertnega sistema.
- s striktno uporabo ekspertnega sistema in dopolnjevanjem znanja v njegovo bazo do določene mere vzdržujemo tiho znanje organizacije dokumentirano. Na ta način lahko zagotovimo, da se znanje v organizaciji, kljub kadrovskim fluktuacijam, ohranja in nadgrajuje.
- pri razvoju novih produktov (storitev, izdelkov) lahko uporabimo že obstoječe znanje ter jim na ta način dodamo dodatno vrednost ter se izognemo ponavljanju že »naučenih lekcij«, (npr. katalog napak, baza tehnoloških postopkov, tehnološka navodila ...).

3.3 Večkriterijsko odločanje – osnovni pojmi

Pri odločanju v sodobnem okolju je potrebno izmed več variant izbrati tisto, ki se najbolje prilega zastavljenim ciljem in pričakovanjem. Dodatna zahteva pri reševanju odločitvenega problema je lahko tudi rangiranje vseh razpoložljivih variant od najbolj zaželene proti najmanj zaželeni.

Odločanje kot pomembna mentalna aktivnost nastopa skorajda na vseh področjih človekovega delovanja, od odločanja o preprostih rutinskih zadevah do skupinskega odločanja v velikih organizacijskih sistemih, medicini. Najpomembnejši problemi, ki nastopajo pri težkih odločitvenih problemih, izvirajo iz [Bohanec, Rajkovič, 1995]:

- velikega števila dejavnikov, ki vplivajo na odločitve,
- številnih variant,
- slabem definiranju oz. slabem poznavanju variant,

- zahtevnega in pogosto nepopolnega poznavanja odločitvenega problema in ciljev odločitve,
- večjega števila odločevalcev, od katerih lahko vsak zastopa svoje interese,
- omejenih virov za izvedbo odločitvenega procesa.

Da bi posameznikom oz. skupinam–odločevalcem olajšali delo pri odločanju, so bile razvite metode in računalniški programi [Siskos, Spyridakos, 1999]. V nadaljevanju bomo približe predstavili metode večparameterskega odločanja.

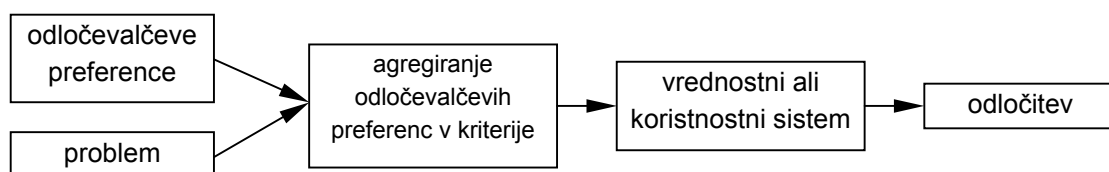
3.4 Pregled teoretskih smeri večkriterijske analize

Večkriterijska analiza²⁰ predstavlja ozadje sistemov za podporo večkriterijskemu odločanju.²¹ Vsebuje module, metode in pristope, ki odločevalcem nudijo pomoč pri delno oz. nepopolno strukturiranih odločitvenih problemih z več kriteriji, kjer so komponente – dejstva spremenljiva in podatki nezadostni.

V splošnem lahko v obdobju zadnjih petindvajsetih let govorimo o štirih osnovnih smereh razvoja večkriterijske analize, ki jih predstavljajo štiri osnovne šole.

Prvo smer predstavlja ameriška šola oz. šola vrednostnega pristopa²² (predstavniki Fishburn, French, Keeney in Raiffa, Von Winterfeldt in Edwards). Bistvo ameriškega pristopa je, da poskuša zgraditi sisteme, ki agregirajo preference odločevalcev. Preference temeljijo na striktnih predvidevanjih (celovita in tranzitivna preferenčna relacija). Na ta način ocenjeni vrednostni sistemi predstavljajo kvantitativno pot do reševanja problema.

Slika 13: Pristop ameriške šole večkriterijske analize – šola vrednostnega pristopa.



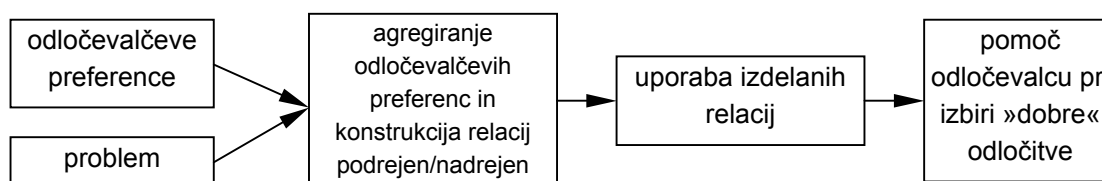
Francoska šola (Roy, Roy in Bouyssou, Vincke, Brans in Mareschal, Vanderpooten) razvija pristop, pri katerem vzpostavijo sistem podrejenosti/nadrejenosti. (Outranking Relation), ki zagotavlja, da so posamezni odločitveni izidi med seboj različni – vsak od njih se razlikuje od preostalih.

²⁰ angl. Multicriteria Analysis

²¹ angl. Multicriteria Decision Support Systems – MCDSS

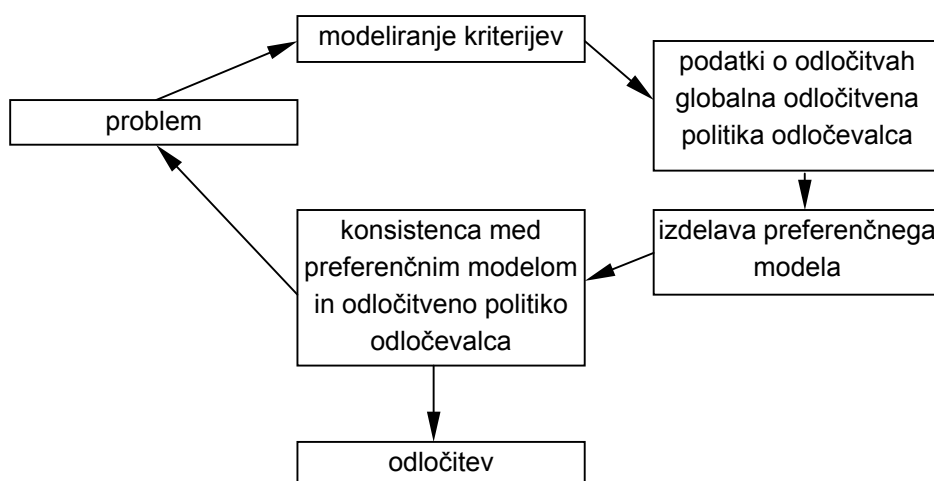
²² angl. Value System Approach

Slika 14: Pristop z relacijo podrejen/nadrejen.



Tretji pristop poskuša z razdruževanjem in naknadnim spajanjem pravil analizirati odločevalčevo vedenje in njegov kognitivni stil. Z iterativnimi postopki, s katerimi analizira odločevalčevo globalno odločitveno politiko in posamezne komponente problema, poskušajo sestaviti vrednostni sistem odločevalca. Cilj takega pristopa je povečati razumevanje problema ter razumevanja preferiranja odločevalca, kar ima za posledico konsistentnejše odločitve.

Slika 15: Pristop z razdruževanjem in naknadnim spajanjem odločitvenih pravil.



Četrta raziskovalna smer predstavlja pristop z optimizacijo več ciljev ter poskuša s pomočjo matematičnega programiranja rešiti probleme, kjer ni diskretne rešitve ter obstaja več kot en cilj. Rešitev je ocenjena s pomočjo iterativnih postopkov, s pomočjo katerih: (a) dosegamo stopnje zadovoljstva odločevalca za posamezne kriterije; (b) izdelamo model uporabnosti (utility model) odločevalca, s katerim poskušamo izbrati odločitve, ki predstavljajo rezultat iskanja maksimuma; (c) kombinacijo obeh opisanih pristopov.

3.5 Večparameterski odločitveni model

V nadaljevanju si pogledimo podroben opis delovanja večparameterskega odločitvenega modela, kot ga obravnava ameriška šola. Opis je povzet po [Bohanec, Rajkovič, 1995].

Vrednotenje alternativ poteka s pomočjo tristopenjskega procesa, ki skupaj sestavlja večparameterski odločitveni model.

Alternative rešitve problema opišemo s parametri (atributi, kriteriji), ki določajo lastnosti posamezne alternative glede podproblema celotnega odločitvenega problema.

S pomočjo parametrov sestavimo funkcijo koristnosti, ki omogoča, po vnaprej dogovorjenem načinu, združevanje parametrov v vrednost funkcije koristnosti za določeno alternativo.

Alternative po posameznih parametrih ocenimo z vrednostmi parametra a_{mn} (m – zap. št. variante, n – zap. št. parametra).

Funkcija koristnosti je navadno dvostopenjska. Na prvem, nižjem nivoju vsak kriterij definira delna funkcija koristnosti, ki opredeljuje odvisnost med dejansko vrednostjo parametra X_m in stopnjo zaželenosti P v okviru naše odločitve. Zaželenost navadno izražamo z racionalnimi števili na intervalu $[0,1]$, kjer 0 predstavlja najmanj, 1 pa najbolj zaželeno vrednost. S prvostopenjsko funkcijo koristnosti tako dosežemo normalizacijo posameznih parametrov pred nadaljnjim združevanjem.

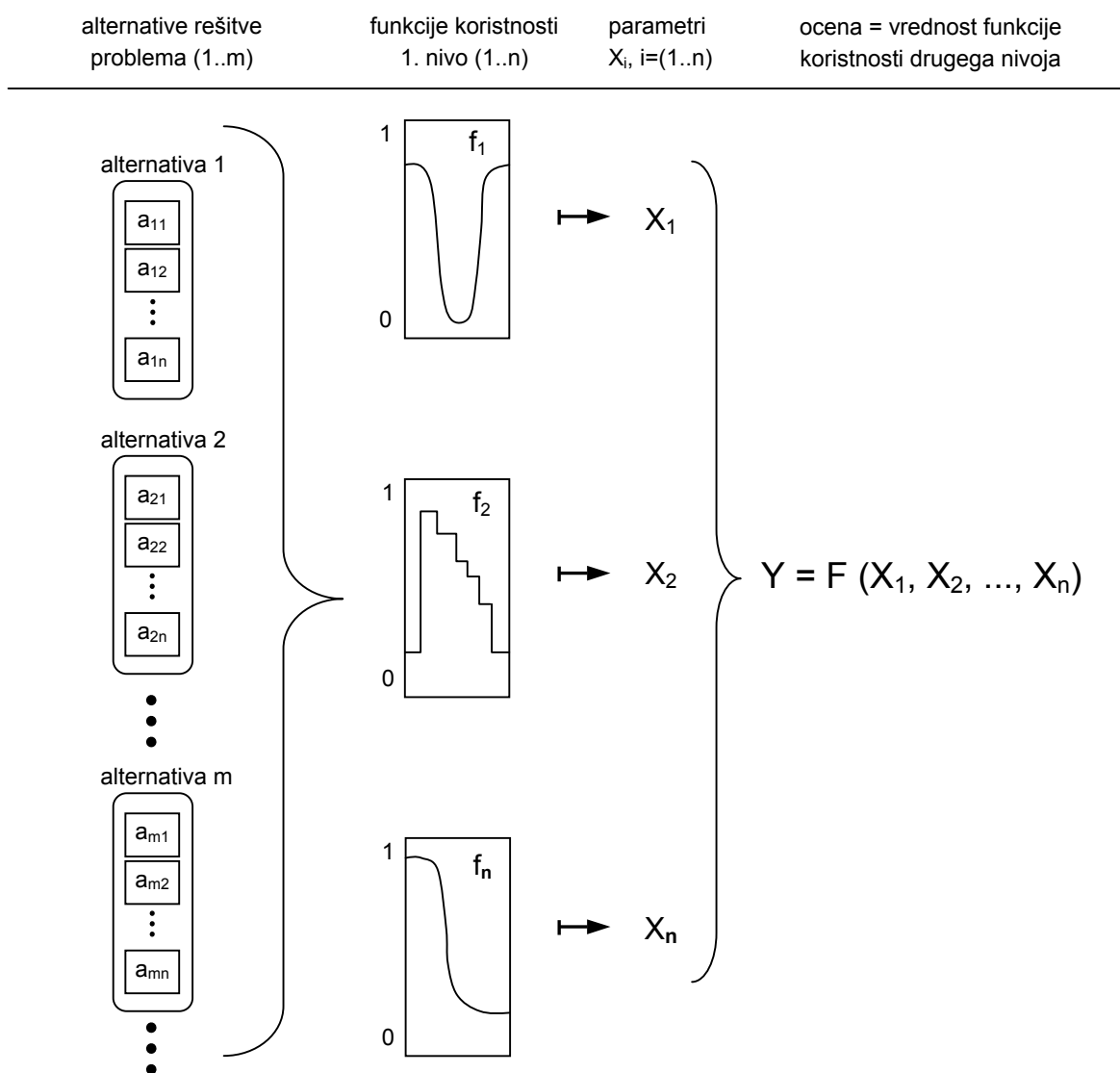
Dejansko združevanje parametrov opravimo s funkcijo koristnosti na drugem nivoju. Navadno je funkcija koristnosti na drugem nivoju utežena vsota posameznih preferenc. Ker so posamezne preference predstavljene enako, z vrednostmi z intervala $[0,1]$, nam uteži predstavljajo zaželenost določene lastnosti, ki jo predstavlja parameter, v končni oceni odločitvenega problema.

Vrednost funkcije koristnosti na drugem nivoju za posamezno alternativo je ocena alternative. Pri analizi vseh alternativ le-te primerjamo med seboj na podlagi ocen.

Da lahko izvedemo vrednotenje vseh alternativ, moramo pri vsaki posamezni tako zbrati vrednosti po osnovnih parametrih. Pri namenskih programskih paketih, ki so namenjeni za podporo večparameterskemu odločanju, imamo navadno možnost analize vrednotenja alternativ s senzibilnostno analizo, generatorjem variant, analizo tipa »kaj – če« ipd. določeni programi omogočajo tudi delo z nenatančnimi in

nepopolnimi podatki ter v ta namen uporabljajo intervalski račun ali verjetnostne porazdelitve.

Slika 16: Večparameterski odločitveni model – pristop ameriške šole, prirejeno po [Bohanec, Rajkovič, 1995].



3.6 Faze odločitvenega procesa pri večkriterijskem odločitvenem modelu

Za razliko od splošnega racionalnega odločitvenega modela, ki smo ga predstavili v poglavju o odločanju, ki na splošno kvalitativno podaja faze vsakega odločitvenega problema, večparameterski odločitveni model zaradi narave njegovega delovanja, zahteva predpisano strategijo postopanja.

4 Podatkovni model

4.1 Analiza procesa dela v laboratoriju

4.1.1 Zatečeno stanje

Pri načrtovanju podatkovnega modela izhajamo iz obstoječega stanja informacijskih tokov v laboratoriju.

Kontrolni laboratorij je organizacijsko vpet v Službo za zagotavljanje kakovosti. Organizacijska vpetost sledi iz preteklosti, ko je bila večina dela v laboratoriju orientirana v preverjanje kakovosti izdelkov v proizvodnji ter v manjši meri v preskušanje izdelkov v razvojni fazi. Kljub temu da se je razmerje med delom na izdelkih v obstoječi proizvodnji ter izdelki v razvojni fazi v zadnjem času spremenilo v korist slednjih, ostaja organizacijska shema nespremenjena.

Na drugi strani je v preteklem letu prišlo do reorganizacije dela v razvojnem sektorju. Projektni teami so bili reorganizirani tako, da je sedaj organizacija določena ter točno določa odgovornost posameznih članov projektnih teamov. Vsak projektni team je sestavljen iz ožjega projektnega jedra, ki ga sestavljajo vodja projekta, konstrukter, planer kakovosti izdelka ter planer procesa. Pri obravnavanju zagotavljanja kakovosti izdelka ima predvsem planer kakovosti nalogo, da z definiranjem preskusov, ki jih izbere in uskladi s kupcem, določi tisti okvir kakovosti, kateremu bo moral izdelek ustrezati. Planer kakovosti je tudi tisti predstavnik projektnega teama, ki v laboratoriju naroča preverjanje kvalitete ustreznosti.

Planer procesa je na drugi strani odgovoren za razvoj in uvedbo proizvodnega procesa. Zagotoviti mora, da proizvodni proces stabilno (skladno s smernicami avtomobilske industrije) zagotavlja prisotnost dogovorjenih kakovostnih karakteristik izdelka. Tudi on lahko za preverjanje ustreznosti procesa naroči izvedbo preskušanj v laboratoriju.

V nadaljevanju bomo poskušali opisati informacijske tokove, ki so značilni za laboratorij ob naročilu posameznih preskusnih aktivnosti.

Začetek vsake aktivnosti v laboratoriju predstavlja naročilo preiskav. Vodja laboratorija lahko prejme nalog za izvedbo preskusov kot že omenjeno od planerjev kakovosti, planerjev procesa, nadzornikov kakovosti v posameznem proizvodnem programu, vodij posameznih proizvodnih programov, vodij razvojnih projektov, vodij posameznih skupin iz razvojnega oddelka ključnih procesov in drugih.

Pred izvedbo dela je potrebno izdelati Nalog za izvedbo.²³ Vanj se vpišejo podatki o zahtevanih preskušanjih, trenutnem razvojnem statusu preskušancev, osnovni podatki o naročniku preskušanj, stroškovnem nosilcu preskušanja, načinu shranjevanja vzorcev po testu ter morebitna druga pomembna opozorila.

Na podlagi tako izdelanega Naloga za izvedbo nato vodja laboratorija razporedi delo na posamezne sodelavce laboratorija. Ker gre pri delu v laboratoriju za zbir različnih, lahko tudi dokaj kompleksnih nalog, so posamezni sodelavci specializirani za opravljanje določenih vrst preskušanj.

Sodelavci nato izvedejo naročena preskušanja ter o preskusu izdelajo delno neformalno interno poročilo. Delno poročilo vsebuje podatke o rezultatu preskusa (rezultat sme zajemati le dve vrednosti: »ustreza« ali »ne ustreza«) ter morebitnih opažanjih o obnašanju izdelka med preskušanjem. Ker gre za delna poročila, informacija o mnenju posameznega preskuševalca ne pride do naročnika preskusov, služi pa kot osnova za izdelavo končnega poročila.

Ko so preskušanja opravljena, vodja oz., v kolikor gre za preprostejša preskušanja, posamezni sodelavci laboratorija, na podlagi delnih pisnih poročil, izdelajo poročilo o opravljenem preskusu. Vanj se poleg podatkov o pogojih testiranja praviloma vpišejo zahteve posameznega testa, morebitni komentar ter ocena, ali so posamezni preskušanci test prestali ali ne. V določenih primerih, v kolikor gre za ne povsem znane teste, vodja laboratorija ocene ne poda. Gre zgolj za informativno preskušanje, ki pokaže, kako se določeni preskušanci obnašajo pri določenih pogojih.

V kolikor je potrebno, se k poročilu dodajo priloge v oblik preglednic, digitalnih fotografij, poročil drugih laboratorijev v podjetju (fotometričnega, razvojnega) ali poročil zunanjih institucij.

Slabosti obstoječega sistema so:

- pogoje preskušanja ter kriterij sprejemljivosti pri testiranjih po standardih kupcev podajajo posamezni, predvidoma eksterni standardi, ki so napisani praviloma v tujem jeziku (večinoma nemščini, angleščini, italijanščini, redkeje francoščini). Sodelavci laboratorija, ki izvajajo preskušanja, se ob vsakem preskušanju znajdejo v dvomu glede prevoda. Uradni prevod standardov, ki bi nedvoumno določal pogoje testiranj ter kriterije sprejemljivosti, namreč ne obstaja.

²³ Po vsebini in obliki je opredeljen je v sistemu za zagotavljanje kakovosti.

-
- ker razumljiva navodila za preskušanje ne obstajajo v lahko dosegljivi – elektronski obliki, je pred izvedbo preskušanj včasih potrebno izvesti precej priprav. Potrebno je pridobiti posamezne standarde, preučiti in prevesti posamezne točke ter pripraviti navodila za delo.
 - z uvedbo obrazcev za naročilo preskusa se je izboljšal prenos podatkov od naročnika do izvajalca preskušanj. Še vedno pa se dogaja, da preskuševalci ne vedo, za kakšno stanje preskušancev gre (prototipni izdelki, prvi kosi iz orodij, indeks spremembe ...), zato bi bilo nujno uvesti zajemanje podatkov o stanju izdelkov že ob naročilu.
 - delna poročila o izvedbi posameznih preskusov se praviloma pišejo na pomožne liste, ki se jih praviloma ne arhivira.
 - stroški posameznih preskušanj se ne zajemajo promptno, predvsem pa ne na mestu nastanka. Sodelavec laboratorija, ki izvaja preskuse, edini poseduje informacijo o vrsti opreme in času njene uporabe. Prav tako praviloma on najbolje ve, kdo od njegovih sodelavcev ter koliko časa je pri izvedbi posameznega preskusa porabil.
 - končno poročilo je lahko sestavljeno iz veliko delnih poročil posameznih delnih preskušanj. Zaradi velike dinamike vodja laboratorija nima aktualnega pregleda nad statusom izvajanja posameznih poročil ter potekom dela.
 - poročila se izdelujejo v običajnem urejevalniku besedila, kar pomeni, da je potrebno ponavljajoče vnašanje podatkov o zahtevah preskusov, ki so standardizirane in se večinoma ne spreminjajo. Prav tako obstoječi način ne omogoča preprostega obveščanja o pri posameznem preskusu nastalih stroških. S tem je stroškovno vodenje projekta oteženo.
 - izdelava Nalogov za izvedbo, delegiranje dela sodelavcem ter povratne informacije o opravljenih preskusih potekajo s koordiniranjem vodje laboratorija. To je zaradi obsega časovno zamudno opravilo.

4.1.2 Predlog novega stanja – izdelava prototipa podatkovnega modela

Delni cilj magistrske naloge je izdelati delujoč prototip podatkovnega modela s pomočjo programskega orodja Access, ki bi omogočal kar se da poenostavljen pretok potrebnih informacij, tj. izdelavo naročil, razporejanje dela posameznim sodelavcem, izdelavo poročil ter sledenja stroškom, ki nastajajo pri preskušanju.

Za enostavno delo bi podatkovni model moral vsebovati podatke o zahtevanih preskušanjih, povzetih po različnih standardih. Poleg znanih podatkov o preskušanjih (zahteve za izvedbo, kriteriji sprejemljivosti) mora podatkovni model za učinkovito sledenje nastalim stroškom pri preskušanju vsebovati podatke o stroških porabe virov (urne postavke uporabljenih strojev in naprav, urne postavke sodelavcev pri preskušanju).

Pri izdelavi Nalogov za izvedbo bi naročnik skupaj z vodjo laboratorija iz baze vseh preskušanj izbrala tista, ki so relevantna za posamezen sklop preskušanj in jih izpisala v obliki naloga.

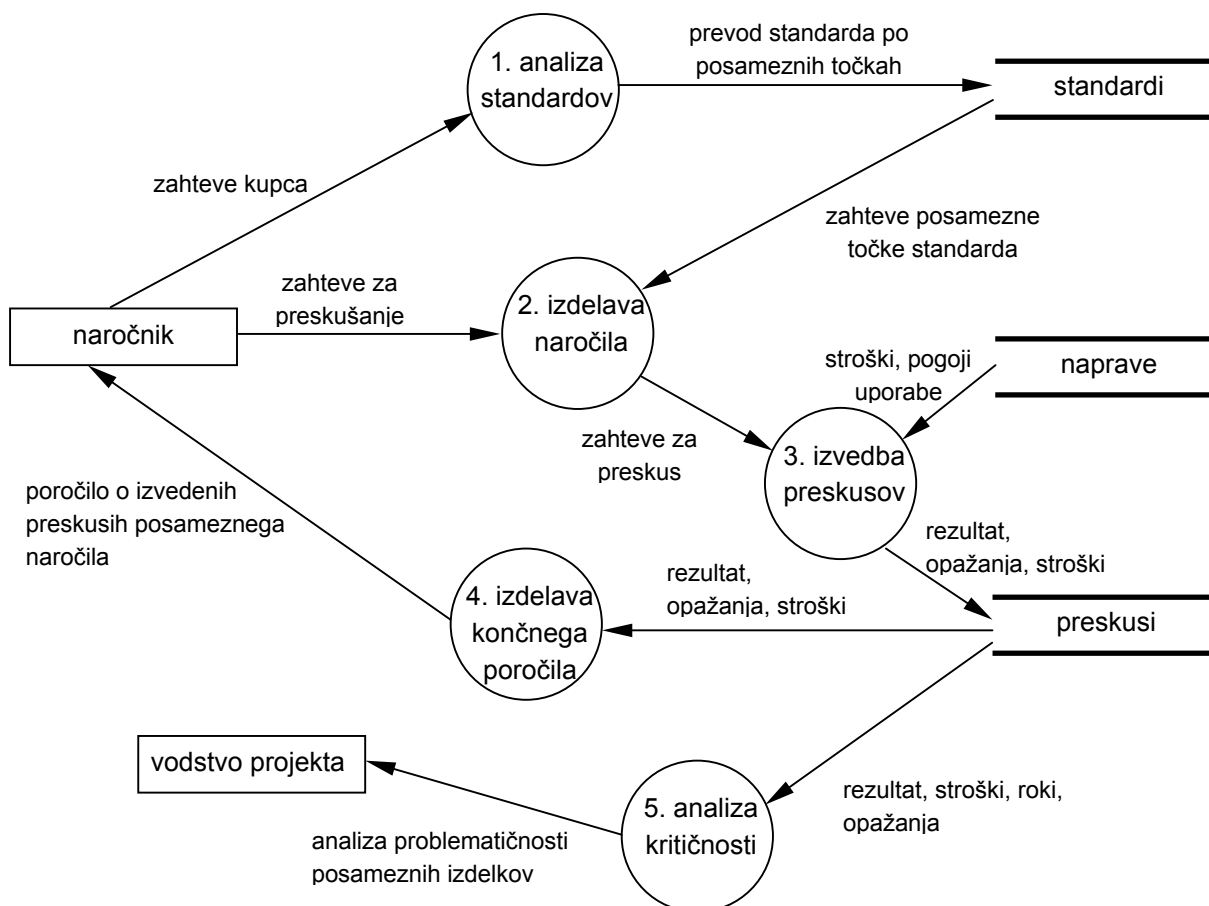
Vodja laboratorija bi imel potem možnost dodeljevanja posameznih preskušanj posameznim sodelavcem laboratorija. Hkrati bi podatkovni model moral omogočati nadzor nad vsemi preskušnji, dodeljenih posameznemu sodelavcu ter različne preglede nad njimi (opravljena, neopravljena preskušanja, terminsko zamujena preskušanja).

Na ta način delegirane naloge bi sodelavci laboratorija morali realizirati v skladu z navodili standardov, ki so bila definirana v Nalogu za izvedbo. Po opravljenem preskušanju bi bilo potrebno podatke o rezultatih vnesti v posamezna zahtevana preskušanja in podati oceno o poteku preskušanja, ki bi jo sodelavci vnesli direktno v obrazec zahteve za preskušanje. Zaključevanja vnašanja ne bi bilo možno, dokler ne bi bilo v obrazec vneseni tudi podatki o porabi virov (strojnih kapacitet, človeških virov).

S tako zbranimi podatki o različnih preskušanjih, ki pa so bila vsa vsebovana v določenem nalogu za izvedbo, je potrebno izdelati krovno poročilo, v katerem bi podatkovni model poleg podatka o uspešnosti preskušanj moral predstaviti tudi podatke o porabi virov ter celotnih stroških preskušanja.

Na zbirki podatkov, ki bi nastala na ta način, je potem možno izdelati enostavne analize porabljenih virov po različnih kriterijih: v določenem časovnem obdobju, po posameznih naročnikih, po posameznih razvojnih projektih, primerjati skupne stroške posameznih projektov s prvotno predvidenimi ipd.

Slika 17: Diagram podatkovnih tokov v kontrolnem laboratoriju v notaciji Yourdan-DeMarco [Gita, 2003]. Vsaka od puščic predstavlja podatkovni tok z zahtevanimi povsem določenimi informacijami, katerih oblika je vnaprej znana.



4.2 Določitev zahtev na podlagi analize delovnega procesa

Na podlagi zapisanega lahko definiramo zahteve po informacijah, ki bi jih moral vsebovati posamezen podatkovni tok.

4.2.1 Informacije, ki jih mora naročnik - uporabnik laboratorijskih storitev posredovati vodji laboratorija

Naročnik mora vodji laboratorija ob predaji Naloga za izvedbo podati naslednje informacije:²⁴

- naročnik preskušanja,
- prejemnik rezultatov preskušanja,

²⁴ Zahtevane informacije so povzete po internem obrazcu H3646.

-
- stroškovni nosilec preskušanja,
 - datum izdelave Naloga za izvedbo,
 - rok za predajo poročila o preskušanju,
 - način rokovanja z vzorci po preskušanju (hranjenje/oddaja v recikliranje),
 - naziv in koda preskušanca /-ev,
 - število preskušancev,
 - razlog za preskušanje,
 - dosedanje stanje,
 - spremenjeno stanje,
 - vrsta preskušanja: določena s parametri, ki jo nedvoumno definirajo (v kolikor gre za standardizirano preskušanje: navedba oznake standarda, datuma standarda, točke standarda),
 - pričakovani rezultati.

4.2.2 Informacije, ki jih mora vodja laboratorija posredovati sodelavcu, ki izvaja posamezna preskušanja

Vodja laboratorija razdeli prejete naloge iz posameznega Naloga za izvedbo med sodelavce laboratorija, ki so zadolženi za njihovo izvedbo. Ni nujno, da vsa preskušanja iz posameznega Naloga za izvedbo izvede en sodelavec. Zaradi specializiranosti posameznih preskusov je navada, da določeni sodelavci izvajajo preskušanja iz omejenega obsega področij. Slednje predstavlja dodatno zahtevo za vodjo laboratorija, da skrbi za koordinirano delovanje več sodelavcev ter skozi preskušanja ohranja nadzor nad celotno sliko ter napredkom preskušanj za posamezno naročilo.

Ob delegiranju posameznega preskušanja mora vodja laboratorija posredovati naslednje informacije:

- točna navedba pogojev preskušanja. V kolikor gre za standardizirano preskušanje: navedba oznake standarda, datuma standarda, točke standarda, po kateri se preskuša. Pri nestandardiziranem preskušanju potrebne podatke, ki preskušanje enoznačno določajo.
- število vzorcev, ki so namenjeni za določen preskus. Nekatera preskušanja zahtevajo minimalno število vzorcev, ki jih je pri delegiranju potrebno upoštevati.
- oznake vzorcev za določen preskus.
- rok za dokončanje preskušanja ter oddajo delnega poročila.

4.2.3 Informacije, ki jih izvajalec posameznega preskušanja posreduje vodji laboratorija

Izvajalec posameznega preskušanja izvede preskus v skladu z navodili vodje laboratorija. Pri kompleksnih poskusanjih, ko je potrebno izvesti veliko število različnih preskusov, so izvajalci posamezni preskušanj tisti, ki imajo najbolj popolno informacijo o obnašanju preskušancev pri testnih pogojih. Te informacije so bistvo postopka preskušanja, zato je z njimi potrebno nadvse skrbno ravnanje, saj lahko ključno pripomorejo pri načrtovanju morebitnih nadaljnjih korektivnih ukrepov. V preteklosti se je dogajalo, da so bile podane suhoparne informacije zgolj o rezultatih testa v smislu: preskušanci so/niso prestali posameznega preskušanja. Vse ostale informacije, ki bi lahko koristno pripomogle k rešitvi problemov, pa so se izgubile v procesu izdelave poročila ter posredovanja naročniku.

Bistvenega pomena pri razvojnem preskušanju je, da se informacije o tem, na kakšen način so preskušanci test prestali, kje je prišlo do nepričakovanih odpovedi funkcij, kakšno je bilo splošno obnašanje preskušancev, so rezultati daleč od pričakovanih, ali je do izpolnitve zahtev potrebno izvesti le majhne spremembe, ne izgubijo. So dragocene informacije konstruktorjem, planerjem kakovosti, planerjem procesov, specialistom za posamezna področja, ki jim omogočajo, da izdelek spremenijo tako, da je izpolnjena njegova zahtevana funkcionalnost.

Dokler je obseg preskušanj v laboratoriju majhen, obveščanje lahko poteka preko neformalne organizacije, na neformalen način. Pri velikem obsegu dela na različnih projektih pa bi bilo potrebno vzpostaviti tak formalni način komuniciranja in ravnanja z informacijami, da bi se le-te ne izgubile ter bi jih pri nadaljnjem delu lahko koristno uporabili.

Po opravljenem testiranju mora izvajalec posameznega testiranja vodji laboratorija, ki je odgovoren za končno poročilo, posredovati naslednje informacije: rezultat preskusa, datum izvedbe, ime preskuševalca, mnenje o poteku preskusa, komentar o konstrukciji – tehnološki izdelavi preskušancev. Poleg tega je željeno, da preskuševallec pri izdelkih, ki ne prestanejo testiranja, oceni resnost problema. Na podlagi svojih izkušenj lahko predvidi, koliko časa bo potrebno za popravilo stanja izdelka. Gre zgolj za njegovo osebno oceno, ki pa ima lahko na podlagi njegovih dolgoletnih izkušenj tudi praktično vrednost za vodstvo projekta.

Zelo pomembna informacija, ki jo mora posredovati preskuševallec, je podatek o uporabi virov. Za ustrezno stroškovno vrednotenje je potrebno, da posreduje podatke o porabljenem času sodelavcev, ki so izvajali preskušanja ter o uporabljeni strojni opreми. Edino preskuševallec, zadolžen za izvajanje posameznega testa, namreč točno pozna podatke o sodelavcih, ki so pri poskusu sodelovali ter njihovem

porabljenem času. Enako lahko le on kompetentno posreduje podatke o uporabi strojne opreme.

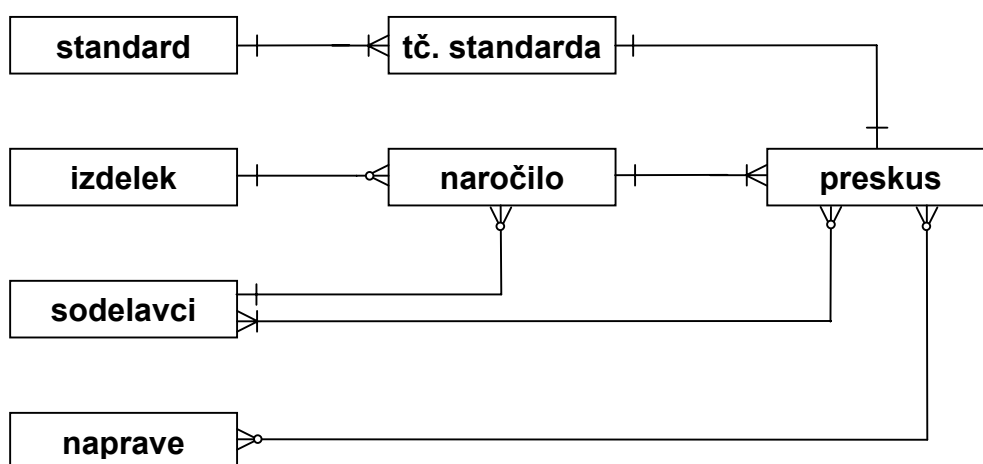
4.2.4 Informacije, ki jih vodja laboratorija posreduje uporabniku laboratorijskih storitev

Vodja laboratorija na podlagi delni poročil, ki jih dobi od posameznih preskuševalcev, sestavi zbirno poročilo. V njem so podani rezultati vseh testov, ki jih je naročnik zahteval v naročilu. Rezultati morajo biti nedvoumni. Zaradi stroškovnega vodenja projekta je zaželeno, da so navedeni tudi stroški, ki so pri preskušanju nastali.

4.3 Konstrukcija podatkovnega modela na podlagi prepoznanih zahtev

Na podlagi prepoznanih zahtev želimo v sklopu naloge izdelati prototip laboratorijskega informacijskega sistema. Prvi korak v njegovi realizaciji je izdelava podatkovnega modela. Podatkovni model je percepcija, poenostavitev in miselna interpretacija podatkov realnega sveta glede na neko določeno uporabo (Lep, 2003).

Slika 18: Entitetno-relacijski diagram podatkovnega modela laboratorija.



Osnovne entitete v modelu so:

izdelek: zbir vseh izdelkov, na katerih se izvajajo preskušanj.

naročilo: zbir naročil, ki jih za preskušanja prejme laboratorij. Posamezno navodilo vsebuje vsa navodila za izvedbo preskušanj. V naročilu morajo biti navedene točke posameznih preskušanj z navodili za izvedbo.

standard: predstavlja uradni dokument kupca žarometa, v katerem so v posameznih točkah zajeti pogoji preskušanja ter kriterij za ocenjevanje sprejemljivosti rezultata. Vsak standard predstavlja

množico »točk standarda«. V primeru internih testov, ki jih predpišemo sami, oblikujemo interne »standarde«, ki prav tako lahko vsebujejo več točk.

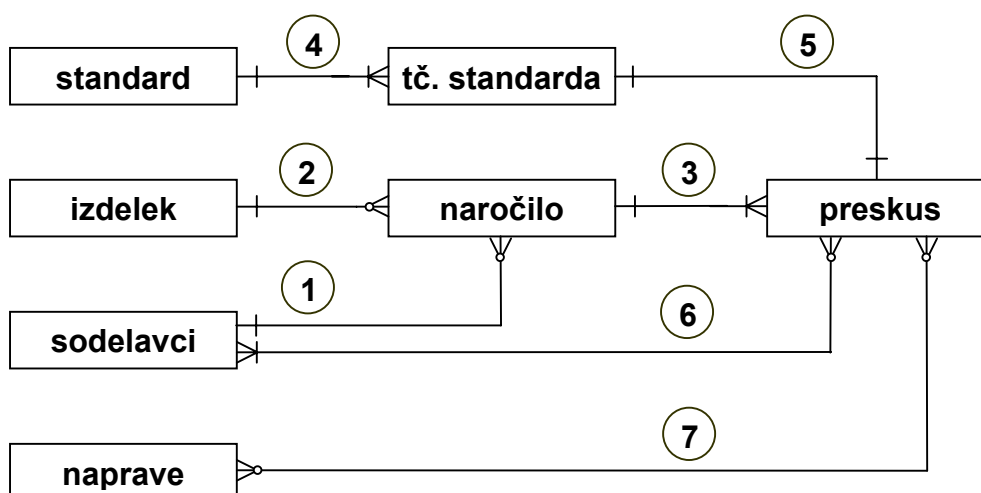
točka standarda: predstavlja osnovno sestavno enoto preskušanja. Posamezno preskušanje se nanaša zgolj na eno točko standarda.

sodelavci: zbir podatkov o vseh sodelavcih v podjetju, ki lahko naročajo preskušanja oz. lahko pri preskušanjih sodelujejo kot izvajalci.

preskus: osnovni gradnik naročila. Določen je s točko standarda, ki ga naročnik definira v naročilu.

naprave: zbir podatkov o vseh strojih in napravah, ki jih lahko uporabimo pri preskušanjih in z uporabo generirajo stroške.

Slika 19: E-R diagram z označenimi relacijami.



Slika 19 prikazuje razmerja – relacije me posameznimi entitetami podatkovnega modela. Razmerja so povzeta po realnih razmerjih pri delu v laboratoriju.

- ① Sodelavec lahko naroči eno ali več naročil, ker so v entiteti sodelavci zbrani vsi sodelavci, ne zgolj potencialni naročniki. Naročilo izdelava natanko eden sodelavec – naročnik.
- ② Posamezni izdelek je lahko vsebovan v enem ali več naročilih, ker zbir izdelkov vsebuje vse izdelke, tudi tiste, ki se jih nikoli ne

testira. Posamezno naročilo se nanaša zgolj na preskušanje natanko enega izdelka.

- ③ Posamezno naročilo vsebuje enega ali več preskusov. Naročilo, ki ne bi vsebovalo preskusov, ni možno. Posamezni preskus pripada natanko enemu naročilu.
- ④ Standard je sestavljen iz ene ali več točk. Posamezna točka standarda je sestavni del natanko enega standarda.
- ⑤ Točka standarda določa natanko en preskus. V sklopu posameznega preskusa testiramo skladno z navodili natanko eno točko preskušanja.
- ⑥ Posamezni sodelavec lahko sodeluje pri enem ali več preskusih. Ker entiteta sodelavci vsebuje vse sodelavce, tudi tiste, ki niso direktni sodelavci laboratorija, ni nujno, da vsi sodelavci sodelujejo pri preskušanju. Preskus izvaja navadno eden ali več sodelavcev laboratorija.
- ⑦ Posamezno napravo lahko uporabimo pri enem ali več preskusih. Pri preskušanju lahko uporabimo eno ali več naprav. Obstajajo preskusi, pri katerih uporaba naprav ni nujna.

Priloga A na strani 4 podaja natančen izpis podatkovnega modela v okolju MS Access.

4.4 Opis delovanja prototipa laboratorijskega informacijskega sistema

V sklopu naloge je bil izdelan prototip informacijskega sistema, ki na podlagi zbranih podatkov o naročilih ter preskusih s pomočjo večparameterskega odločitvenega modela razvojne projekte razvrsti tako, da s pomočjo agregiranih podatkov, pridobljenih med preskušanjem, oceni njihovo problematičnost.

Preden si podrobno ogledamo sam odločitveni model, pogledjmo še posamezne osnovne funkcije programa, ki kasneje omogoča uporabo večparameterskega odločitvenega postopka.

4.4.1 Zajem podatkov

4.4.1.1 Podatki o sodelavcih in napravah

Da bi lahko ovrednotili stroške posameznega preskušanja, je najprej potrebno zagotoviti podatke o stroških posameznih virov, tako človeških kot opreme.

Podatki o posameznih sodelavcih ter napravah predstavljajo osnovni gradnik pri izračunavanju stroškov posameznega preskusa. Podatki imajo pomembno vlogo pri oceni stroškovne učinkovitosti posameznih preskušanj ter določenega izdelka v celoti.

4.4.1.2 Podatki o standardih

Naslednji pomembni osnovni gradnik predstavljajo podatki o standardih. Kot že omenjeno, standardi podajajo informacijo o dogovorjenem preskušanju izdelkov ter podajajo kriterij za ugotavljanje sprejemljivosti. Posamezen standard sestavlja več točk, vsaka od njih pa podaja navodila za testiranje zgolj določene karakteristike. Za uporabo pri preskušanjih tako osnovno enoto preskušanja predstavlja ena točka standarda.

Prednost takega vnosa podatkov je, da moramo standarde, ki so praviloma izdelani v jeziku kupca, prevesti v slovenski jezik. Tak prevod potem predstavlja enako osnovo za vse preskuševalce. Ker se pri testiranjih v laboratoriju preskusi pogosto ponavljajo, ni potrebno vsakokratno novo prevajanje ter prepisovanje zahtev testa v zaključna poročila. Prednost takega podajanja je tudi pri generiranju poročil, saj ob izdelavi poročila ni potrebno vsakokratno novo prevajanje ali prepisovanje zahtev ter kriterijev sprejemljivosti.

Slika 20: Obrazec za vnos podatkov o standardih. Standard je sestavljen iz posameznih točk, le-te pa predstavljajo osnovno enoto preskušanja. Obrazec omogoča tudi pregled originalnega dokumenta, ki je v bazi shranjen v .pdf obliki.

LabSys 4.1

File Edit Insert Records Window Help

naročila ▾ preskusi ▢ standardi ▢ vnos splošnih podatkov ▾ analiza ▾

Vnos podatkov o standardih

standard preskušanja

Volvo STD 5732.113	01.06.1994	veljaven
Volvo TR 356	04.09.1989	veljaven
VW PV 1503	01.03.2003	veljaven
VW TL 194	01.05.1999	veljaven
VW TL 909	01.08.1992	delno veljaven!
VW TL 956	01.06.2001	delno veljaven!

vnos novega standarda
popravljanje podatkov
izbris izbranega standarda
VW TL 909: 1992-08

posamezne točke standarda

točka: naslov: področje:

5.4.3.3 Odpornost na notranje napetosti odpornost na kemikali ▾

pogoji preskušanja:

Izvedba preskusa:

Postopki:

15 min v vodoravnem položaju. Leča obrnjena navzdol. Nato shranjevanje 30 min v mirujočem zraku.

kriterij sprejemljivosti:

Takoj po osušitvi (30min) ne smejo biti prisotni razpoke zaradi notranje napetosti (skozi material). Razpoke zaradi sušenja (mreža drobnih razpok na površini) ne predstavlja kriterija za negativen rezultat preskusa.

opombe:

datum vnosa:

23.11.03

izbrisi vnos

Record: 10 of 11

Shranjevanje podatkov in izhod

4.4.1.3 Podatki o naročilu

Naročilo predstavlja osnovni gradnik laboratorijskega informacijskega sistema. Izdelava naročila pred začetkom testiranja lastnosti izdelka. Posamezno naročilo lahko zajema le teste, ki se nanašajo na en izdelek. V kolikor naročnik želi preverjati karakteristike več različnih izdelkov, je potrebno izdelati ustrezno število ločenih naročil.

Ob naročanju preskušanj moramo poleg želenih pogojev preskušanj navesti tudi vse podatke, ki bi lahko vplivali na potek preskušanj. Prej, ko vnos podatkov ni bil standardiziran v obliki obrazca, se je dogajalo, da preskuševalec ni prejel podatka o spremembah, ki so bile izvršene na izdelku od zadnjega, navadno neuspešnega, testiranja. Posledica je bilo večkratno ponavljanje istih preskušanj na izdelkih z enakim stanjem sprememb. Rezultati seveda niso mogli biti boljši. Vnosu podatkov o zgodovini izdelka je namenjena prva stran obrazca naročila. Poleg splošnih podatkov o datumu izdelave naročila, naročniku, njegovem stroškovnem mestu, roku izvedbe naročila, izdelku, na katerem potekajo preskusi, je predviden vnos podatkov o dosedanjem stanju izdelka ter spremembah, ki so bile izvedene od zadnjega

testiranja. Ti podatki omogočajo preskuševalcu, da med preskusi posebno pozornost posveti opazovanju lastnosti na izdelku izvedenih sprememb.

Slika 21: Prva stran obrazca za vnos podatkov o naročilu. Namenjena je vnosu podatkov o splošnih podatkih preskušancev, časovnih in stroškovnih zahtevah pri preskušanju ter vnosu podatkov o dosedanjem stanju ter spremembah na izdelku.

LabSys 4.1

File Edit Insert Records Window Help

naročila ▾ ☒ preskusi ☐ standardi vnos splošnih podatkov ▾ analiza ▾

Vnos podatkov o naročilu

Naročilo

Naročilo Zahtevani preskusi Obracun stroškov

oznaka naročila: 7

izdelek: 123_1 dodaj izdelek

naziv izdelka: Preskusni izdelek 1

namen: Preskus delovanja programa

naročilo izdelal: Verč

SM: 5211

datum naročila: 19.10.03

rok za izvedbo: 13.12.03

poročilo predati: Verč

opombe:

dosedanje stanje:

spremenjeno stanje:

Predviden proračun za testiranje v €: 2.000,00 €

Izhod

Record: 5 of 7

Druga stran obrazca za naročilo je namenjena vnosu podatkov o želenih preskušanjih. Preskuse izberemo z izbirnim poljem »standard preskušanja«. Posamezno točko iz izbranega standarda izberemo z izbirnim poljem »točka«. V oknih pod izbirnima poljema se pokaže besedilo pogojev preskušanja, ki ustreza izbrani točki ter besedilo kriterija sprejemljivosti, po katerem ocenimo opravljeni preskus. Spreminjanje teksta na tem mestu ni mogoče. V kolikor bi uporabnik želel spreminjati besedilo k posamezni točki, mora imeti pooblastila za spreminjanje teksta, spreminjanje pa se lahko izvede le v obrazcu za vnos podatkov o standardih. Izvedba zaščite dostopa je možnost, ki bi jo bilo ob uvedbi v stalno uporabo smiselno izdelati.

Uporabnik lahko doda poljubno število preskusov. Željeno je, da k vsakemu dopiše komentar. Na ta način lahko izvajalca preskusa opozori na morebitne posebnosti preskušancev oz. želje glede poteka preskusa.

Nadalje mora naročnik predvideti število preskušancev, na katerih želi, da se izvede preskušanje. Zahtevana števila preskušancev, na katerih je potrebno izvesti preskuse po posamezni točki, se lahko močno razlikujejo od preskusa do preskusa.

V polju pod oknom komentarja se izpiše referenca preskusa. Vsi preskusi se številčijo z zaporedno številko, ne glede na naročilo. Sodelavcem laboratorija predstavlja vsaka zahteva za preskus po posamezni točki svoj test.

Slika 22: Druga stran obrazca naročila. Namenjena je vnosu zahtevanih testiranj.

LabSys 4.1

File Edit Insert Records Window Help

naročila ▾ ☒ preskusi ☐ standarti vnos splošnih podatkov ▾ analiza ▾

Vnos podatkov o naročilu

Naročilo

Naročilo | Zahtevani preskusi | Obracun stroškov

oznaka naročila: 7

standard preskušanja	točka	orig. standard:
VW TL 909	5.2	VW TL 909: 1992-01

pogoji preskušanja:

Pred testom je potrebno izvesti shranjevanje pri nadzorovanih pogojih (glej točko 5.6a). Nato (prek kot v 5 min) začnemo s 6 urnim preskušanjem.

kriterij sprejemljivosti:

Po končanem preskus ter nadaljnih 15 min delovanja preskušanca pri napetosti 13.5V izven preskusne komore pri sobni temperaturi v preskušancu ne sme biti vidnih opombe:

Datum vnosa podatkov o standardu:

22. 11. 03

Record: 1 of 5

Št. potrebnih vzorcev za preskus

2

Ref. preskus: 40

Izhod

Record: 5 of 7

Referenca je namenjena lažjemu pregledavanju napredka posameznih točk preskušanja. Pri izvajanju preskusov sodelavec pred seboj namreč nima celotnega naročila, temveč le posamezen test. Za lažje razločevanje med posameznimi testi ter lažje poizvedovanje vsakemu testu priredimo referenčno številko.

Zadnja, tretja stran obrazca naročil je namenjena stroškovnemu spremljanju že izvedenih preskusov v okviru posameznega naročila. Že realizirani stroški se izpišejo ločeno po posameznih preskusih. Ločeno so prikazani stroški dela ter stroški uporabe strojne opreme. Pod tabelo je prikazana vstota stroškov ter izračunana stopnja koriščenja proračuna naročila. Preskusi, ki še niso bili izvedeni, se v tabeli ne izpišejo.

Do sedaj smo si v poglavjih 4.4.1.1 do 4.4.1.3 ogledali način vnosa podatkov, ki predstavljajo osnovo testiranj. Brez tako zbranih podatkov začetek preskušanja na dejanskih izdelkih ni mogoč.

Slika 23: Zadnja stran obrazca naročil omogoča pregled nad stroški že izvedenih in obračunanih preskusov znotraj opazovanega naročila.

LabSys 4.1

File Edit Insert Records Window Help

naročila - ☒ preskusi ☐ standardi vnos splošnih podatkov analiza

Vnos podatkov o narocilu

Naročilo

Narocilo Zahtevani preskusi Obracun strokov

oznaka naročila: 7

ref. preskusa	standard	točka	sodelavci	naprave	skupaj
32	VW TL 909	5.4.1	100	165	265,00
34	VW TL 909	5.4.3.2	540	563,0604	1.103,06

skupaj narocilo [€]: 690,00 € 728,06 € 1.418,06 €

Predviden proračun narocila: 2.000,00 €

Stopnja koriscenja praracuna: 70,9%

Izhod

Record: 5 of 7

V nadaljevanju si bomo ogledali, kako poteka zajem podatkov potem, ko je posamezen preskus že bil izveden.

4.4.1.4 Podatki o posameznem preskusu

Naslednji pomembni gradnik sistema je obrazec za vnos podatkov o poteku in rezultatih posameznega preskusa. Če je bil obrazec za vnos naročil namenjen predvsem naročnikom posameznih testiranj ter vodi laboratorija, je obrazec za vnos podatkov o posameznem preskusu namenjen predvsem preskuševalcem, ki bodo/so fizično izvedli posamezni preskus.

Obrazec sestavljajo štiri strani, od katerih prvi dve preskuševalca seznanjata s splošnimi lastnostmi preskusa, ki smo jih vnesli ob izdelavi naročila (rok, naročnik, pripadnost naročilu) ter o pogojih preskušanja. Spreminjanje posameznih vrednosti tu ni mogoče.

Slika 24: Prva in druga stran obrazca za vnos podatkov o posameznem preskusu.

The image displays two screenshots of the LabSys 4.1 software interface, specifically the 'Vnos podatkov o posameznem preskusu' (Data Entry for Individual Test) form. The top screenshot shows the 'Splošni podatki' (General Data) tab, which includes fields for 'preskus 32', '123_1 Preskusni izdelek 1', 'naročil: Verž', 'datum narocila: 19. 10. 03', and 'rok za izvedbo: 13. 12. 03'. The bottom screenshot shows the 'Rezultati testiranja' (Test Results) tab, which includes fields for 'Oznaka standarda: VW T1 909', 'točka: 5.4.1', 'datum izdaje: 01.08.1992', 'pogoji preskušanja: Vizualno opazovanje', 'kriterij sprejemljivosti: Brez razpok, raz in površinskih napak', 'datum vnosa: 23.11.03', and 'zahtevano število vzorcev, ki jih je potrebno preskusiti: 1'. Both screenshots show a menu bar with 'File', 'Edit', 'Insert', 'Records', 'Window', and 'Help', and a toolbar with buttons for 'naročila', 'preskusi', 'standards', 'vnos splošnih podatkov', and 'analiza'.

Tretja stran obrazca je namenjena vnosu podatkov o rezultatu preskusa, ki smo ga izvedli skladno z navodili na prejšnjih dveh straneh obrazca za vnos podatkov o preskusu.

Obrazec najprej zahteva vnos datuma izvedbe preskusa. Podatek potrebujemo zaradi analize časovne učinkovitosti. Pod izbirnim poljem za vnos imena preskuševalca, se nahaja polje za vnos podatka o rezultatu preskušanja. V avtomobilski industriji velja med kupci in dobavitelji dogovor, ki je lahko tudi interno formaliziran v obliki internega standarda, da je rezultat preskusa lahko samo dvoznačen – »ustreza« oz. »ne ustreza«. V določenih primerih, ko pride med preskusom do okvare preskušancev, zaradi česar preskusa ni moč smiselno nadaljevati, poročilo pa je potrebno izdelati, zaradi preskušanja nenazadnje nastanejo stroški, ki jih je potrebno ovrednotiti ter razporediti na ustrezno stroškovno mesto, običajno v rubriko rezultat vpišemo nevtralni odgovor. V našem primeru to omogoča izbira opcije »rezultata ni bilo mogoče podati«.

Slika 25: Tretja stran obrazca za vnos podatkov o preskušanju je namenjena vnosu rezultatov preskušanja.

The screenshot displays the 'LabSys 4.1' application window. The main menu bar includes 'File', 'Edit', 'Insert', 'Records', 'Window', and 'Help'. Below the menu is a toolbar with icons for 'naročila', 'preskusi', 'standardi', 'vnos splošnih podatkov', and 'analiza'. The active window is titled 'Vnos podatkov o posameznem preskusu'. Inside this window, there are tabs for 'Splosni podatki', 'Navodila za testiranje', 'Rezultati testiranja', and 'Uporaba virov pri testiranju'. The 'Rezultati testiranja' tab is selected. The form contains the following fields and controls:

- preskus** 32
- 123_1 Preskusni izdelek 1
- datum izvedbe: 24.11.03
- preskus vodil: Merkovič
- ocena vodje preskusa o resnosti problema: 0
- rezultat preskusa: **ustreza**
- ocenjeno stevilo dni za rešitev problema: 0
- mnenje vodje preskusa o poteku preskusa: (empty text area)
- komentar vodje preskus o konstrukciji - tehnološki izdelavi preskušancev: (empty text area)
- Izhod button
- Record: 7 of 30

V preteklosti se je izkazalo, da zgolj informacija o ustreznosti/neustreznosti izdelka glede zahtev posameznega testiranja v večini primerov ne zadošča. V primeru ko je rezultat negativen, se pri prejemniku – bralcu poročila, ki s potekom testiranja ni seznanjen, praviloma pojavi vprašanje, v čem je vzrok odstopanja ter kako bi bilo možno z najmanjšo porabo virov zagotoviti pozitivno rešitev.

Dosedanja praksa sistematičnega zbiranja subjektivnih opažanj preskuševalca o obnašanju preskušancev med preskusom ne pozna. Z dodatnim poljem v obrazcu želimo doseči prav to, namreč, da bi se podatki o poteku preskusa ne izgubili.

Kljub temu da so podatki subjektivne narave, zaradi izkušenj preskuševalca predstavljajo dragoceno informacijo. S podobnim namenom je bilo dodano tudi polje »komentar vodje preskusa o konstrukciji – tehnološki izdelavi preskušancev«. S spremembo organizacije v razvojnem sektorju je prišlo do povečane specializacije posameznih projektnih teamov. Posledično se je zmanjšala komunikacija med posameznimi projektnimi teami, kar ima za posledico, da se v laboratoriju nemalokrat pojavljajo podobni problemi, s katerimi se je preskuševalec srečal pred časom med testiranjem kakega drugega projekta. Ker reševanje problemov navadno zahteva več iteracij, preskuševalec tudi pozna konstrukcijsko izvedbo, ki je na koncu pripeljala do rešitve problema. Polje je namenjeno vnosu preskuševalčevega komentarja. Včasih za uspešno rešitev problema zadošča zgolj ključna beseda sodelavca z izkušnjami.

Polje »ocena vodje preskusa o resnosti problema« je bilo dodano kot pomoč pri analizi kakovostnih kazalcev posameznih izdelkov. Pri preskušanjih prototipov ali prvih vzorcev, ki jih izvaja laboratorij, se običajno prvič pokaže ustreznost posameznih konstrukcijskih in uporabljenih tehnoloških rešitev. Negativen rezultat ima zato lahko različno težo. Na podlagi izkušenj smo določili petstopenjsko lestvico, ki poskuša opisati resnost nastalega problema.

Tabela 1: Petstopenjska lestvica za opis mnenja preskuševalca o resnosti problema, zaradi katerega je prišlo do negativnega rezultata preskusa.

ocena	opis mnenja o vzroku negativnega rezultata
5	brez pripomb
4	potrebna sprememba parametrov tehnologije izdelave
3	potrebna sprememba tehnologije izdelave
2	potrebna sprememba konstrukcije
1	potrebna večja sprememba konstrukcije

Izkušnje kažejo, da je najlažje rešiti probleme na izdelkih, do katerih je prišlo zaradi napačnih parametrov pri tehnologiji izdelave.²⁵ Težji primer so napake, pri katerih je

²⁵ Npr. premajhna količina lepila, premajhna debelina nanosa lakove prevleke, napačna trajektorija robota ipd. To so drobne napake, za katere ne potrebujemo veliko sredstev, če jih želimo popraviti. Rešitev najdemo običajno z optimizacijo tehnološkega procesa.

prišlo do uporabe napačne tehnologije.²⁶ V kolikor se tudi s spremembo tehnologije ne da odpraviti problema, je potrebna sprememba konstrukcije. Sprememba konstrukcije je lahko zelo draga – odvisno od stanja razvojnega projekta. Spet ločimo dve stopnji sprememb konstrukcije, prvo lažjo ter drugo, pri kateri je potrebno močno poseči v koncept.

Za lažje časovno planiranje ter obravnavo nastalega problema še s terminskega vidika je bilo v obrazcu dodano polje »ocenjeno število dni za rešitev problema«. Preskuševalec na podlagi izkušenj oceni, v kolikem času je možno (ni pa nujno, da bo v tem času tudi izvedeno) izvesti spremembe do tolikšne mere, da bi lahko pričakovali pozitiven rezultat testa. Gre za subjektivno oceno preskuševalca, ki pa ima lahko zaradi njegovih izkušenj tudi uporabno vrednost za vodstvo projekta oz. vodstvo razvoja.

Zadnja stran obrazca za vnos podatkov o preskus je namenjena podatkom o uporabljenih virih. Preskuševalec, ki je zadolžen za izvedbo posameznega preskusa, edini povsem natančno ve, kateri sodelavci so sodelovali pri izvedbi preskusa, koliko časa so zato porabili ter katera oprema je bila pri tem uporabljena. Zato je smiselno, da ob vpisu rezultata vpiše tudi podatke o porabi virov.

Slika 26: Zadnja stran obrazca je namenjena zajemu podatkov o porabi virov pri posameznem preskusu.

Sodelavci			Naprave		
priimek	ime	čas	koda	naprava	čas
Mulh	Ferdinand	10,00	000004	Pec laboratorijska - 400 lit	11,00
Skupaj sodelavci: 100,00 €			Skupaj oprema: 165,00 €		

Najprej vpišemo podatke o vseh sodelavcih, ki so sodelovali pri preskušanju ter času, ki so ga porabili ter analogno ponovimo tudi za naprave.

²⁶ Npr. uporaba napačnega materiala, problem temperaturne obstojnosti uporabljenih polizdelkov, napačen tehnološki proces. Rešitve takih problemov so navadno dražje.

4.4.2 Analiza

Pri dosedanjem opisu delovanja aplikacije smo se posvetili zgolj zajemanju podatkov. Le-to poskuša posnemati obstoječe podatkovne tokove.

Lahko bi rekli, da dosednji opis in način delovanja programa vsebinsko v delovanje laboratorija ne prinaša nič novega. V nadaljevanju naloge bomo podatkovni model nadgradili z večparameterskim odločitvenim modelom. Njegova uporaba bo skrbnikom posameznih aktivnosti (vodji laboratorija, vodjem projektov, vodji razvoja) olajšala prepoznavanje izdelkov, pri katerih pri preskušanjih prihaja do zapletov.

Analiza problematičnosti posameznih izdelkov je v načelu možna tudi brez podpore ekspertnega sistema, le da je zajemanje podatkov zamudno in se v praksi ne izvaja.

4.4.2.1 Analiza agregiranih kazalcev kakovostne, stroškovne in terminske učinkovitosti

Kot smo omenili pri opisu stopenjskega procesa razvijanja izdelkov v avtomobilski industriji, se projekt v njegovi življenjski dobi vedno znova preverja. Sproti želimo biti seznanjeni z njegovim statusom glede doseganja zastavljenih ciljev kakovosti, stroškovnih okvirov ter terminske izvedbe. Odstopanje na kateremkoli od treh področij bi povzročilo neuspeh celotnega projekta.

Terminsko spremljanje celotnega projekta se trenutno izvaja na ravni projektnega vodstva ter zajema vse aktivnosti, med katerimi predstavljajo laboratorijska preskušanja, kot smo videli v uvodu, zgolj eno, ne najpomembnejšo fazo.

Projektni teami tako skrbijo zgolj za izvajanje ter doseganje grobih delnih ciljev, podrobno časovno spremljanje laboratorijskega preskušanja pa se ne izvaja.

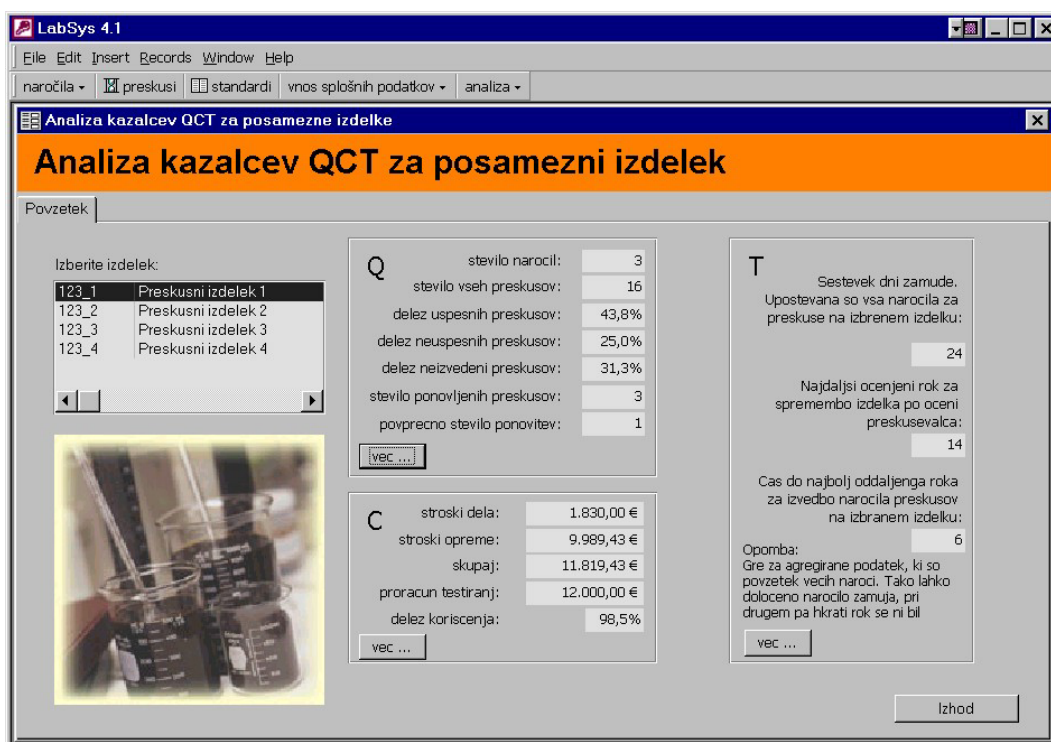
Poseben problem predstavlja stroškovno spremljanje preskušanj. Ker gre za interno storitev znotraj podjetja, poravnavanje nastalih obveznosti med posameznimi organizacijskimi enotami (npr. med projektom X ter laboratorijem) pa (še) ni formalno izvedeno, smo tako soočeni z dejstvom, da točno – podrobno in utemeljeno zajemanje stroškov testiranj – ne obstaja. Ti stroški so lahko pri kompleksnih projektih znatni.

Od opazovanih področij je najbolj urejeno področje kakovosti. Tu je cilj povsem znan: izdelek je potrebno testirati ter v primeru negativnega rezultata spreminjati toliko časa, da bo dosežena s strani kupca zahtevana kvaliteta.

Pri dosedanjem načinu dela se upošteva tako le končni rezultat. Dokler ta ni dosežen, vodstvo razvoja načeloma nima informacij, da pri testiranju prihaja do problemov. Sistem ne omogoča sprotne spremljanja napredka pri doseganju zastavljenih kakovostnih ciljev ter ne omogoča odkrivanja tistih izdelkov, ki so problematičnejši.

Pri izdelavi večparameterskega odločitvenega modela sem se zato odločil, da bom uspešnosti posameznega izdelka preskušal ravno z vidika teh treh področij: kakovosti (Q), stroškov (C) ter terminov (T).

Slika 27: Uporabniško okno s pregledom kazalcev kakovostne, terminske in stroškovne učinkovitosti.



Uporabniško okno »Analiza kazalcev QCT za posamezni izdelek« predstavlja zbir agregiranih podatkov, ki jih povzamemo iz podatkov o naročenih preskusih. Za posamezne agregirane podatke smo se odločili po temeljitem premisleku. Od posameznega parametra pričakujemo, da odslikava dejansko stanje ter razločuje med posameznimi alternativami, v našem primeru izdelki. Zavedamo se slabosti takega pristopa k izgradnji odločitvenega modela. V našem primeru smo »po temeljitem razmisleku« izbrali parametre, za katere domnevamo, da nazorno odslikavajo stanje. Pričakujemo, da bomo z njihovo pomočjo lahko rangirali projekte od bolj k manj problematičnim.

Korektnější pot bi bila obratna. Na podlagi rezultatov spremljanja več parametrov statistično relevantnega vzorca projektov bi morali s faktorsko analizo določiti tiste

faktorje, ki najbolj vplivajo na uspešnost projekta. Žal pa je bilo v času izdelave naloge nemogoče priti do kakovostnih podatkov, da bi lahko izvedli tako določitev parametrov.

Podatki, na katerih bomo z agregiranimi kazalci zgradili odločitveni model, zajemajo vsa naročila ter s tem vse preskuse, ki so bili naročeni za izvedbo na določenem izdelku. Gre za povzetek rezultatov lahko tudi relativno velikega števila preskusov.

Uporabniško okno programa je razdeljeno v tri področja, kjer so ločeno predstavljeni agregirani podatki za posamezno področje opazovanja. V nadaljevanju je opisana vsebina posameznega prikazanega kazalca.

Agregirani kazalci kakovosti

Število naročil zajema vsa naročila, ki so bila kdajkoli kreirana za izbrani izdelek.

Število vseh preskusov predstavlja vsoto vseh preskusov, ne glede na naročilo, v katerem so bili naročeni.

Delež uspešnih preskusov izračunamo kot kvocient števila uspešno izvedenih preskusov na posameznem izdelku ter števila vseh preskusov na tem izdelku.

Delež neuspešnih preskusov izračunamo analogno kot delež uspešnih, le da upoštevamo samo preskuse z negativnim rezultatom.

Pri izračunu deleža neizvedenih preskusov upoštevamo vse preskuse, ki še niso bili izvedeni oz. podatki o datumu ter rezultatu preskusa še niso bili vpisani.

Vsota deleža uspešnih, neuspešnih ter neizvedenih preskusov ni nujno enaka 1. Razliko predstavljajo preskusi, pri katerih ni bilo mogoče podati mnenja. Zaradi relativno nizke pogostnosti jih v analizi kakovosti ne upoštevamo.

Število ponovljenih preskusov podaja vse tiste *različne* preskuse na posameznem izdelku, ki so bili negativni in ponovljeni.

Povprečno število ponovitev izračunamo kot kvocient števila *vseh* ponovljenih preskusov s številom *različnih* ponovljenih preskusov.

Agregirani kazalci stroškovne učinkovitosti

Stroški dela predstavljajo vsoto vseh stroškov dela pri vseh preskusih na določenem izdelku.

Stroški opreme so vsota vseh stroškov uporabljene opreme pri preskusih na izbranem izdelku.

Proračun testiranj izračunamo kot vsoto vseh predvidenih proračunov za testiranja, ki jih določimo ob kreiranju naročil.

Delež koriščenja izračunamo kot kvocient vsote stroškov dela ter opreme ter proračuna testiranj. Kaže grobo sliko porabe predvidenih sredstev, ne pove pa stanja po posameznih naročilih.

Agregirani kazalci časovne učinkovitosti

Seštevek dni zamude izračunamo kot vsoto dni zamude vseh posameznih naročil preskušanj na izbranem izdelku.

Najdaljši ocenjeni rok za spremembo izdelka po oceni preskuševalca izračunamo iz podatka, ki ga po subjektivnem mnenju ob koncu preskusa vpiše preskuševalec. Izračunamo ga kot najdaljši rok, ki ga je preskuševalec predvidel.

Čas do najbolj oddaljenega roka za izvedbo naročila preskusov na izbranem izdelku predstavlja število dni, ki nas ločijo od najbolj oddaljenega roka naročila, ki je bilo izdelano za posamezni izdelek. Parameter je pomemben pri načrtovanju terminskih aktivnosti v sklopu posameznega projekta.

Od ekspertnega sistema pričakujemo, da omogoča tudi pojasnitev posameznih agregiranih podatkov, t. i. »drill down«.

Z izbiro gumba »več ...« se odprejo posamezna uporabniška okna, v katerih je možna pojasnitev posameznih agregiranih vrednosti. Možen je ogled vsakega posameznega naročila ter znotraj vsakega naročila še pregled posameznega preskusa.

Prvo izmed uporabniških oken je okno »Analiza kazalcev Q za posamezni izdelek«. Pod poljem za izbiro izdelka se izpišejo agregirani kazalci kakovostne učinkovitosti, kot jih že poznamo. Desno se nahajata polji, prvo s pregledom naročil, ki so bila izdelana za izbrani izdelek, ter drugo s pregledom preskusov, ki spadajo k posameznemu naročilu. Pri podatkih o naročilu se poleg oznake poročila izpiše datum izdelave naročila, rok, v katerem morajo biti poskusi opravljeni, ter naročnik. Polje s podatki o preskusi izpiše še točko standarda, po kateri je potrebno izvesti preskus ter rezultat in datum izvedbe preskusa, če je bil le-ta že izveden.

Slika 28: Uporabniško okno s pojasnitvijo agregiranih podatkov kakovostne učinkovitosti.

Analiza kazalcev Q za posamezni izdelek

Q - kazalci kakovosti

Izberite izdelek:

123_1	Preskusni izdelek 1
123_2	Preskusni izdelek 2
123_3	Preskusni izdelek 3
123_4	Preskusni izdelek 4

Izdelana naročila za posamezni izdelek:

oznaka naročila	datum naročila	rok za izvedbo	narocil
5	13. 10. 03	13. 11. 03	Verč
7	19. 10. 03	13. 12. 03	Verč
8	13. 10. 03	05. 01. 04	Mulh

Preskusi v izbranem naročilu

st.	standard	točka	rezultat	datum izvedbe
40	VW TL 909	5.2	ne ustreza	29. 11. 03
32	VW TL 909	5.4.1	ustreza	24. 11. 03
33	VW TL 909	5.4.3.1	ne ustreza	22. 11. 03
34	VW TL 909	5.4.3.2	ustreza	22. 01. 02
42	VW TL 909	5.4.3.3		

Agregirani podatki

stevilo naročil:	3
stevilo vseh preskusov:	16
delež uspešnih preskusov:	43,8%
delež neuspešnih preskusov:	25,0%
delež neizvedenih preskusov:	31,3%
stevilo ponovljenih preskusov:	3
povprečno število ponovitev:	1

Izhod

V kolikor nas zanima izvir podatkov v opisanih oknih, si lahko ogledamo vsako posamezno naročilo oz. preskus. Z dvoklikom na izbirno polje levo od podatka o naročilu izberemo poljubno naročilo, z dvoklikom na izbirno polje pa se odpre okno naročil. Analogno si lahko ogledamo tudi podatke za izbrani preskus.

Podobno sta izdelani tudi uporabniški okni za analizo stroškovne ter časovne učinkovitosti. Na ta način je uporabniku omogočen vpogled in razumevanje parametrov v zbirnem oknu agregiranih kazalcev.

Slika 29: Uporabniško okno z analizo kazalcev stroškovne učinkovitosti. Posamezno naročilo oz. preskus si lahko ogledamo z dvoklikom na izbirno puščico levo od vnosa.

LabSys 4.1

File Edit Insert Records Window Help

naročila - ☒ preskusi ☐ standardi vnos splošnih podatkov analiza

Analiza kazalcev QCT za posamezne izdelke

Analiza kazalcev stroškovne učinkovitosti

C - kazalci stroškovne učinkovitosti

Izberite izdelek:

123_1	Preskusni izdelek 1
123_2	Preskusni izdelek 2
123_3	Preskusni izdelek 3
123_4	Preskusni izdelek 4

stevilo naročil: 3
 stevilo vseh preskusov: 16
 stroški dela: 1.830,00 €
 stroški opreme: 9.989,43 €
 skupaj: 11.819,43 €
 proračun testiranj: 12.000,00 €
 delež koriscenja: 98,5%

Izdelana naročila za posamezni izdelek:

narocilo	datum	narocil	proracun	realizirano	delez
5	13. 10. 03	Verč	6.000,00 €	10.271,37 €	171,2%
7	19. 10. 03	Verč	2.000,00 €	1.418,06 €	70,9%
8	13. 10. 03	Mulh	4.000,00 €	130,00 €	3,3%

Preskusi v izbranem naročilu

st.	standard	tocka	dela	naprave	skupaj
26	VW TL 909	5.1		6.926,40 €	6.926,40 €
27	VW TL 909	5.2	150,00 €	1.800,00 €	1.950,00 €
28	VW TL 909	5.3.1	40,00 €	66,24 €	106,24 €
39	VW TL 909	5.4.1	230,00 €	198,73 €	428,73 €
38	VW TL 909	5.4.3.1	120,00 €	180,00 €	300,00 €
37	VW TL 909	5.4.3.2	560,00 €		560,00 €
36	VW TL 909	5.4.3.3			0,00 €
35	VW TL 909	5.5			0,00 €

Izhod

Slika 30: Uporabniško okno za analizo časovne učinkovitosti. Okno je bilo izpisano 7. decembra. Ker v naročilu št. 5 dva preskusa (35 in 36) še nista bila izvedena, se ob naročilu izpiše število dni zamude.

LabSys 4.1

File Edit Insert Records Window Help

naročila - ☒ preskusi ☐ standardi vnos splošnih podatkov analiza

Analiza kazalcev QCT za posamezne izdelke

Analiza časovne učinkovitosti

t - kazalci časovne učinkovitosti

Izberite izdelek:

123_1	Preskusni izdelek 1
123_2	Preskusni izdelek 2
123_3	Preskusni izdelek 3
123_4	Preskusni izdelek 4

agregirani podatki

stevilo naročil: 3
 stevilo vseh preskusov: 16
 Sestevk dni zamude. Upostevana so vsa naročila za preskuse na izbranem izdelku: 24
 Najdaljši ocenjeni rok za spremembo izdelka po oceni preskusevalca: 14
 Čas do najbolj oddaljenega roka za izvedbo naročila preskusov na izbranem izdelku: 6

Izdelana naročila za posamezni izdelek:

narocilo	datum	narocil	naroceno	rok	zamuda
5	13. 10. 03	Verč	13. 10. 03	13. 11. 03	24
7	19. 10. 03	Verč	19. 10. 03	13. 12. 03	
8	13. 10. 03	Mulh	13. 10. 03	05. 01. 04	

Preskusi v izbranem naročilu

st.	standard	tocka	datum izvedbe	rezultat	ocena potrebnega časa
26	VW TL 909	5.1	26. 11. 03	ustreza	
27	VW TL 909	5.2	26. 11. 03	ne ustreza	
28	VW TL 909	5.3.1	01. 12. 03	ne ustreza	12
35	VW TL 909	5.5			
36	VW TL 909	5.4.3.3			
37	VW TL 909	5.4.3.2	26. 11. 03	ustreza	
38	VW TL 909	5.4.3.1	26. 11. 03	ustreza	14
39	VW TL 909	5.4.1	26. 11. 03	ustreza	

Izhod

4.4.2.2 Večparameterski odločitveni model

Eden od namenov te naloge je bil tudi s pomočjo izdelanega podatkovnega modela nadgraditi sistem z večparameterskim odločitvenim modelom. Z agregiranjem podatkov o preskusih bi sistem lahko ovrednotil izdelke glede na stopnjo problematičnosti na področju kakovosti, stroškov in/ali terminov.

V poglavju 3.5 *Večparameterski odločitveni model* smo si ogledali osnovni princip delovanja odločitvenega modela. Omenili smo, da vrednotenje alternativ poteka s pomočjo tristopenjskega procesa, ki skupaj sestavlja odločitveni model.

Alternativne rešitve odločitvenega problema v našem primeru predstavljajo različni izdelki, ki jih moramo razvrstiti po problematičnosti. Alternativne rešitve v splošnem odločitvenem modelu opišemo s parametri, ki določajo posamezne alternative glede podproblema celotnega problema. Parametre v našem primeru predstavljajo posamezni agregirani kazalci.

S pomočjo parametrov sestavimo funkcijo koristnosti, ki omogoča, po vnaprej dogovorjenem načinu, združevanje parametrov v vrednost funkcije koristnosti za določeno alternativo.

Omenili smo, da je funkcija koristnosti običajno dvostopenjska. Na prvem, nižjem nivoju vsak kriterij definira delna funkcija koristnosti, ki opredeljuje odvisnosti med dejansko vrednostjo parametra in stopnjo zaželenosti v okviru naše odločitve. Zaželenost izrazimo s števili z intervala $[0,1]$, pri čemer 1 predstavlja najbolj zaželeno vrednost. Funkcija, ki povezuje dejansko vrednost parametra, je lahko, kot prikazuje Slika 16 (str. 54), poljubne oblike.

V primeru laboratorijskega sistema smo se odločili v izračunu funkcije koristnosti upoštevati naslednje parametre, ki so z izjemo zadnjega v večini primerov omejeni na interval $[0,1]$. Za razliko od opisanega načina predstavljajo višje vrednosti parametrov manj zaželene alternative. Vsem izbranim parametrom pa je značilna istosmernost: višja kot je vrednost, slabšo alternativo predstavlja posamezni parameter. Parametre izberemo iz vseh treh področij opazovanja: kakovosti, stroškov in terminov.

Kazalec kakovosti:

delež neuspešnih preskusov,
delež neizvedenih preskusov.

Kazalec stroškovne učinkovitosti:

stopnja koriščenja,

razlika stroški – rezultat: parameter definiramo kot razliko deleža realiziranih stroškov – stopnje koriščenja ter deleža uspešno izvedenih preskusov. Idealni potek testiranja bi bil, ko bi poraba sredstev sledila naraščajočemu deležu uspešno izvedenih preskusov.

Kazalec časovne učinkovitosti:

zamuda: parameter sam po velikosti vrednosti ni primerljiv z ostalimi parametri, ki zavzemajo vrednosti praviloma na intervalu $[0,1]$. Da pa ga lahko uporabimo v izračunu funkcije koristnosti, njegovo zalogo vrednosti prilagodimo.²⁷

²⁷ Zalogo vrednosti prilagodimo tako, da so vrednosti velikostnega reda $N \times 0,01$. Število dni zamude delimo s 100.

Funkcija koristnosti

Pri konstrukciji sistema smo se soočili z vprašanjem, na kak način zapisati funkcijo koristnosti, da bo kar najbolj lahko razlikovala med posameznimi izdelki, ki se razlikujejo po problematičnosti. Kot je običajno v takih primerih, se kot prva ponuja funkcija koristnosti v obliki utežene vsote posamezni parametrov. Funkcijo koristnosti za posamezni izdelek i zapišemo kot:

$$F_i = Q \cdot (\text{delez neuspešnih}_i + \text{delez neizvedenih}_i) + \\ + C \cdot (\text{stopnja koriscenja}_i + \text{razlika stroški - rezultat}_i) + \\ + T \cdot \frac{1}{100} \cdot \text{zamuda}_i$$

pri čemer predstavljajo koeficienti Q , C , T uteži, s katerimi lahko uporabnik izraža svoje preference. Le-te lahko spreminja s spreminjanjem vrednosti koeficientov Q , C , T ter tako obravnava problematičnost projektov s posameznega vidika, npr. samo stroškovnega, časovnega ali kakovostnega.

Višja kot je vrednost funkcije koristnosti, bolj problematičen je posamezni izdelek.

Slika 31: Uporabniško okno s prikazom vrednosti funkcije koristnosti za posamezni izdelek. Izdelki so urejeni po problematičnosti od najbolj do najmanj problematičnega.



Slika 31 prikazuje uporabniško okno, ki omogoča pregled nad projekti z vidika problematičnosti. V oknu so projekti razvrščeni po padajočem vrstnem redu, od najbolj problematičnega do najmanj problematičnega.

Pri uravnoteženi obravnavi vseh zastopanih parametrov uporabimo za parametre QCT vrednost 1. V kolikor želimo posamezni vidik kritičnosti poudariti, ustrezno povečamo vrednost uteži ter na ta način poskrbimo, da je v izračunu funkcije koristnosti izbrani vidik zastopan v večji meri.

V spodnjem delu uporabniškega okna se nahajajo gumbi za izbiro scenarijev obravnave. Pogostokrat se zgodi, da bi želeli izdelke analizirati ter rangirati zgolj glede na posamezen vidik, npr. stroškovni. V tem primeru nas druga dva vidika ne zanimata. V izračunu funkcije koristnosti faktorjema Q in T pripišemo vrednost 0, faktor C pa ostane nespremenjen. V tabeli uporabniškega okna se bodo zapisi o posameznih izdelkih uredili po vrednostih nove funkcije koristnosti.

V kolikor bi želeli parametre spreminjati poljubno, to lahko storimo z vnosom vrednosti posameznih parametrov direktno v ustrezna polja nad tabelo.

5 Kritična analiza ter testiranje podatkovnega ter odločitvenega modela

V nalogi smo do sedaj izdelali podatkovni model ter ga nadgradili z delujočim prototipom izdelanim v okolju MS Access.

Podatkovni model smo v prototipu nadgradili z večparameterskim odločitvenim modelom. Nadgradili zato, ker odločitveni model kot parametre uporablja agregirane podatke, ki jih zajema ter izračunava s pomočjo v prototipu implementiranega podatkovnega modela.

Pomembno opravilo, ki nam je preostalo, je preveriti, ali oba, podatkovni model ter večparameterski odločitveni model, implementirana v prototipu laboratorijskega informacijskega sistema, pravilno delujeta.

Da delovanje programa lahko preverimo, moramo vnesti zahtevane podatke. Prototip je bil izdelan namensko za uporabo v kontrolnem laboratoriju v podjetju, ki proizvaja avtomobilsko svetlobno opremo, zato je potrebno zagotoviti podatke o variantah – izdelkih, ki odražajo dejansko stanje.

5.1 Variante

Zaradi varovanja poslovnih skrivnosti obravnavanega podjetja, proizvajalca avtomobilске svetlobne opreme, za katerega je bil prototip izdelan, kakor tudi njegovih kupcev, so podatki o vrsti in številu posameznih preskusov na izbranih izdelkih zgolj simbolični. Tudi imena sodelavcev, stroški dela, stroški strojne opreme so simbolični ter ne odražajo dejanskega stanja v podjetju. Vsebina preskusov je povzeta po realnih standardih avtomobilskih proizvajalcev in je kot taka smiselna in točna. Kljub temu osnovna funkcija programa s tem ni ogrožena in je preverjanje delovanja prototipa možno in smiselno.

Podjetje, katerega kontrolni laboratorij opisujemo, proizvaja svetlobno opremo za avtomobilsko industrijo. Svetlobno opremo za osebna vozila lahko grobo razdelimo glede na funkcijo, ki jo svetlobna telesa opravljajo, v nekaj skupin izdelkov.

Te skupine so:

- glavni žarometi,
- združene zadnje svetilke,
- enofunkcijske svetilke.

V nadaljevanju si bomo pogledali značilnosti posamezne skupine. Zanimale nas bodo funkcije, ki jih posamezni izdelki morajo izpolnjevati ter tehnologije, ki se uporabljajo pri njihovi izdelavi. Le-te so pomembne za lažje razumevanje zahtevnosti proizvodnje ter lažje interpretiranje rezultatov laboratorijskega testiranja.

5.1.1 Glavni žaromet

Vanj so običajno integrirane funkcije dolgega svetlobnega pramena, kratkega svetlobnega pramena, smernika, pozicijske svetilke, lahko tudi žarometa za meglo.

Tehnologije, ki se uporabljajo pri njegovi izdelavi, zajemajo različne tehnologije brizganja umetnih mas (termoplastov, duroplastov), površinske obdelave polimerov, protiabrazivnega zaščitnega UV lakiranja, vakuumskega oslojevanja, različne vrste lepljenja ter različne montažne tehnike. Spekter uporabljenih tehnologij je pri izdelavi glavnega žarometa najširši.

Glavni žaromet je najzahtevnejši izdelek med izdelki zunanje svetlobne opreme za vozila. Sestavljen je iz razmeroma velikega števila sestavnih delov ter izpostavljen strogim funkcijskim in vizualnim zahtevam. Zaradi njegovega vgradnega položaja, ko je izpostavljen in na očeh, predstavljajo vizualne zahteve včasih večji del problemov pri izdelavi in se z njimi pogosto srečujemo pri testiranjih v laboratoriju.

5.1.2 Žaromet za meglo

Druga pomembna skupina je skupina žarometov za meglo. Običajno gre za enofunkcijski žaromet, ki redkeje združuje še kako drugo funkcijo, npr. funkcijo dnevnega žarometa, pozicijske svetilke in/ali smernika.

Žaromet za meglo se od glavnega žarometa poleg drugačnih funkcij razlikuje tudi v geometriji. Gre navadno za manjše žaromete, kar ima za posledico višje temperaturne obremenitve. Zaradi tega so tudi tehnologije, ki jih uporabljamo pri izdelavi tovrstnih žarometov, drugačne.

Pri izdelavi uporabljamo praviloma tehnologije tlačnega litja lahkih kovin, npr. magnezija ali aluminija, protikorozijske zaščite osnovnega materiala, prašnega lakiranja, vakuumskega oslojevanja, brizganja termoplastov ter preoblikovanja stekla.

Zaradi vgradnega položaja, ki je deloma umaknjen zvedavim očem opazovalca na eni ter večjim funkcijskim zahtevam (večja izpostavljenost mehanskim vplivom) na drugi strani, se zahteve za kakovost pri žarometu za meglo razlikujejo od zahtev za glavni žaromet. Kljub še vedno visokim estetskim zahtevam so tu v prednosti predvsem termodinamske ter mehanske zahteve za kakovost.

5.1.3 Zadnja združena svetilka

Naslednjo pomembno skupino predstavljajo zadnje združene svetilke. Zanje je značilno, da združujejo več signalnih funkcij. Te funkcije so: zadnja svetilka, pozicijska svetilka, svetilka za meglo, vzvratna svetilka, smernik.

Pri njihovi izdelavi se uporabljajo predvsem tehnologije eno- ali večbarvnega brizganja termoplastov, njihovega spajanja, lakiranja, vakuumskega oslojevanja. Po tehnološki plati se izdelava svetilk dokaj razlikuje od izdelave žarometov, zato so obrati za ene ločeni od obratov za proizvodnjo drugih.

Kvalitetno zadnje svetilke predstavljajo dokaj zahteven izdelek, tako s funkcijskega kot tudi vizualnega vidika.

5.1.4 Enofunkcijske svetilke

Zadnja skupina enofunkcijskih svetilk zajema vsa ostala zunanja svetila, ki niso integrirana v katero od prej omenjenih skupin. Gre za bočne smernike, dodatne zavorne svetilke (3-stop svetilke), tablične svetilke in podobno.

Tehnološko je izdelava enofunkcijskih svetilk sorodnejša izdelavi zadnjih združenih svetilk kot izdelavi žarometov. Uporabljajo se predvsem tehnologije brizganja termoplastov ter njihovega spajanja.

Zahteve za kvaliteto so pri posameznih skupinah enofunkcijskih svetilk lahko zelo visoke, v splošnem pa ne dosegajo zahtev postavljenih pri žarometih in zadnjih združenih svetilkah. Temu primerno je tudi laboratorijsko testiranje manj obsežno.

5.2 Preverjanje delovanja v prototipu implementiranega podatkovnega modela

Za testiranje izberemo tri tipične predstavnike avtomobilske zunanje svetlobne opreme - po enega predstavnika treh glavnih skupin: glavni žaromet, zadnjo združeno svetilko in enofunkcijsko svetilko. Podatkovni model testiramo z vnašanjem podatkov o testih za posamezne skupine. Pri testiranju si zamislimo nekatera od tipičnih preskušanj, ki se običajno izvajajo na teh izdelkih. Zahteve za kakovost posameznih izdelkov obsegajo bistveno večji spekter področij, ki pa presegajo namen testiranja podatkovnega modela.

Tabela podaja teste, ki smo jih uporabili pri preverjanju delovanja programa.

Tabela 2: Pri preverjanju upoštevana testiranja posameznih izdelkov. Gre za izbor tipičnih testiranj. Izbor je simboličen in namenjen testiranju delovanja prototipa.

izdelek	preskus
glavni žaromet	preskušanje tesnosti
	preskušanje prezračevanja z dežnim testom
	preskušanje odpornosti na vibracije
	preskušanje prisotnosti notranjih napetosti v materialu
	preskušanje kemijske odpornosti na maziva
	preskušanje odpornosti na različne reagente
	preskušanje kakovosti leč
zadnja združena svetilka	preskušanje prezračevanja z dežnim testom
	preskušanje stabilnosti delovanja žarnic
	preskušanje izvlečne sile kontaktov
	preskušanje izvlečne sile konektorjev
enofunkcijska svetilka	preskušanje tesnosti
	preskušanje prezračevanja z dežnim testom

Delovanje prototipa preverimo tako, da v formo za vnos podatkov o standardih (str.66) vnesemo podatke o testiranjih.

Nato v formo za vnos naročil za testiranje (slika 21-23, str. 67-69) vnesem podatke o izdelkih ter zahtevanih testiranjih.

Pri vnosu podatkov o posamezni točki testiranja lahko ugotovimo, da implementacija relacije med standardom, točko standarda, preskusom in naročilom na eni strani, ter izdelkom, sodelavci in napravami na drugi strani deluje (glej *Konstrukcija podatkovnega modela na podlagi prepoznanih zahtev*, str. 62).

Ko so podatki o zahtevanih preskusih vneseni, lahko preverimo delovanje z vnašanjem podatkov, ki jih pridobimo med samim preskušanjem. V obrazec za vnos podatkov o posameznem preskusu (slika 24, str. 70) vnesemo podatke o rezultatu preskusa in uporabljenih virih ter zahtevane komentarje.

Delovanje tega dela prototipa preverimo z izpisom pregleda preskusov. Pregled vseh vnesenih preskusov je v prilogi B.

Iz izpisa pregleda preskusov vidimo, da implementacija podatkovnega modela deluje, saj so v pregledu združeni podatki, ki pripadajo različnim entitetam v našem modelu, a so relacije med njimi smiselne in delujejo.

5.3 Preverjanje delovanja v prototipu implemetniranega odločitvenega modela

V prejšnjem poglavju smo preverili pravilno delovanje podatkovnega modela, ki predstavlja osnovo za izračun agregiranih podatkov. Te bomo kot parametre uporabili v odločitvenem modelu.

Najprej preverimo, ali odločitveni model pravilno agregira podatke iz vnesenih preskusov, ki so izpisani v prilogi B.

Pomagamo si z okni za analizo posameznega vidika (kakovosti, stroškov, terminov), ki so predstavljeni v poglavju *Analiza agregiranih kazalcev kakovostne, stroškovne in terminske učinkovitosti* (str.74). V oknih so pregledno zbrani agregirani podatki, katerih del uporabimo kot parametre pri izračunu vrednosti funkcije koristnosti.

Pravilnost agregiranja podatkov preverimo z ročnim izračunom vrednosti parametrov, brez pomoči prototipnega programa ter nato primerjamo dobljene vrednosti.

Tabela prikazuje agregirane podatke za preskuse, ki smo jih vnesli pri testiranju podatkovnega modela in so izpisani v prilogi B. Podatke primerjamo z izpisi pogovornih oken prototipa, ki so v prilogi C.

Tabela 3: Pregled agregiranih podatkov iz posameznih preskušanj, ki ga izračunamo brez pomoči prototipa. Del podatkov uporabimo kot parametre pri izračunu vrednosti funkcije koristnosti.

agregirani podatek	variante		
	glavni žaromet	zadnja združena svetilka	enofunkcijska svetilka
kakovostna učinkovitost			
število naročil	3	1	2
število vseh preskusov	14	4	5
delež uspešnih preskusov	42,9 %	25,0	20,0
delež neuspešnih preskusov	21,4 %	50,0	60,0
delež neizvedenih preskusov	35,7 %	25,0	20,0
stroškovna učinkovitost			
stroški dela	€ 631,50	€ 125,50	€ 198,50
stroški opreme	€ 1.948,22	€ 549,13	€ 1.105,77
stroški skupaj	€ 2.579,72	€ 674,63	€ 1.304,27
proračun testiranj	€ 8.000,00	€ 2.500,00	€ 11.000,00
delež koriščenja	32,2 %	27,0 %	11,9 %
časovna učinkovitost			
seštevek dni zamude	46	16	11
najdaljši ocenjeni rok za spremembo izdelka po oceni preskuševalca	14	12	13
čas do najbolj oddaljenega roka	3	/	/

Iz primerjave sledi, da večparameterski odločitveni model na prvem nivoju, pri združevanju podatkov v parametre, deluje pravilno. Podatki izračunani brez pomoči računalnika se ujemajo z agregiranimi podatki, ki jih izračuna v prototip integriran podatkovni model.

Preostane nam še, da preverimo, ali se izračun funkcije koristnosti ujema z dejanskim stanjem. Analogno kot pri preverjanju izračuna parametrov preverimo še izračun funkcije koristnosti. Vrednost funkcije koristnosti izračunamo, kot omenjeno, po enačbi:

$$\begin{aligned}
 F_i = & Q \cdot (\text{delež neuspešnih}_i + \text{delež neizvedenih}_i) + \\
 & + C \cdot (\text{stopnja koriscenja}_i + \text{razlika stroški - rezultat}_i) + \\
 & + T \cdot \frac{1}{100} \cdot \text{zamuda}_i
 \end{aligned}$$

Tabela 4: Ročno izračunane vrednosti funkcije koristnosti. Izračun se ujema z vrednostmi, ki jih poda prototip večparameterskega odločitvenega modela.

varianta	delež uspešnih preskusov	delež neuspešnih preskusov	delež neizved. preskusov	stopnja koriščenja	rezlika rezultat – stroški	zamuda v dneh	vrednost funkcije koristnosti
glavni žaromet	42,9	21,4	35,7	32,2	10,6	46	1,25
zadnja združena svetilka	20,0	60,0	20,0	11,9	-8,1	11	0,95
enofunkcijska svetilka	25,0	50,0	25,0	27,0	2,0	16	1,20

Tabela 4 prikazuje kontrolni izračun vrednosti funkcije koristnosti. Iz izpisa pogovornega okna prototipa (priloga C) sledi, da odločitveni model pravilno izračunava ter razvršča izdelke po problematičnosti, od bolj problematičnih k manj problematičnim.

Z izbiro posameznih scenarijev model tudi pravilno razporedi izdelek glede na vsakokrat uporabljen delni izbirni kriterij (kvalitetni, stroškovni, terminski vidik).

6 Diskusija

V okviru diskusije bomo podrobno analizirali prednosti in slabosti v prototipu implementiranega podatkovnega modela ter v nadaljevanju analogno še prednosti in slabosti izvedenega večkriterijskega odločitvenega modela. Ob koncu poglavja bomo nakazali še možne smeri nadaljnjega razvoja sistema.

6.1 Prednosti in slabosti podatkovnega modela

V prejšnjem poglavju smo videli, da podatkovni model, implementiran v obliki prototipnega programa, z vgrajenim večkriterijskim odločitvenim modelom, pravilno deluje. S tem je izpolnjen poglobitni cilj naloge. V nadaljevanju pa želimo opravljeno delu tudi kritično oceniti.

Zanima nas, kaj so prednosti in kaj slabosti implementiranega podatkovnega in večkriterijskega odločitvenega modela. Nakazati želimo tudi možne nadaljnje smeri razvoja laboratorijskega sistema.

6.1.1 Prednosti

V poglavju *4.1 Analiza procesa dela v laboratoriju* (str. 55) smo opisali informacijske tokove v laboratoriju. Izdelava podatkovnega modela »po meri« v veliki meri olajša prehod na informatizacijo dela ter ne zahteva organizacijskih sprememb, ki bi jih lahko zahtevala uvedba druge, nenamenske programske opreme.

Podatkovni model kot osnovno entiteto uporablja podatke o standardih, ki v praksi predstavljajo osnovo vseh aktivnosti, ki se izvajajo v laboratoriju. Program z uvedbo enotnega zbiranja standardov v formalizirani obliki odpravlja dosedanje ponavljanje problemov pri vsakokratni interpretaciji ter poskuša enoznačno določiti pogoje testiranja ter kriterije za sprejemljivost rezultatov. Tak način vnosa podatkov o standardih prihrani tudi čas pri izdelavi poročil o preskusih.

Brez vnosa podatkov o standardih uporaba programa, kakor tudi delo v laboratoriju ni možno. Ker so standardi praviloma napisani v jeziku kupca izdelka, se pri izvedbi preskusov lahko pojavijo problemi z razumevanjem. Enkratni vnos prevedenega teksta, ki je dogovorjen in nedvoumen, prihrani dragoceni čas pri pripravi preskusov, ker ni potrebno vsakokratno ponovno usklajevanje zahtev preskusa ter dogovarjanje glede kriterijev sprejemljivosti.

Sistem omogoča dostop do elektronske oblike originala standarda, ki je namenjena razjasnjevanju morebitnih dvomov preskuševalca. Na ta način so vsi standardi dostopni vsem preskuševalcem.

Implementirani podatkovni model omogoča preprost nadzor nad stroški. Zajemamo jih tam, kjer nastanejo. Preskuševalci, ki opravljajo posamezne preskuse, poleg podatkov o rezultatu preskusa vpiše tudi porabo virov. Sistem omogoča agregiranje podatkov o že porabljenih sredstvih za posamezni izdelek ter sprotno primerjavo s planiranimi sredstvi. Natančen nadzor nad stroški je možno izvesti tudi brez laboratorijskega sistema, a zahteva neprimerno več napora vseh vpletenih ter na dolgi rok ni zanesljiv.

S konceptom planiranja preskušanj, ko je vsako naročilo razdeljeno na posamezne preskuse, ki se v nadaljevanju obravnavajo samostojno, je možna delitev dela med različne preskuševalce. Hkrati program omogoča sproti nadzor nad že opravljenim delom na posameznem naročilu oz. posameznih izdelkih, kar trenutno ni mogoče.

Izdelava poročil, ki se trenutno izdelujejo v urejevalniku besedil, se lahko bistveno poenostavi do te mere, da preskuševalcem po opravljenem delnem preskusu ni potrebno več sodelovati pri izdelavi zaključnega poročila za posamezno naročilo. Pri dosedanjem načinu izdelave poročila je bila potrebna prisotnost vseh preskuševalcev.

6.1.2 Slabosti

Pravilno je, da poleg prednosti, ki jih program omogoča ter zaradi katerih smo nenazadnje tudi izdelali prototip, ocenimo tudi potencialne slabosti.

Podatkovni model sloni na analizi podatkovnih tokov, ki so potekali v kontrolnem laboratoriju ob nastajanju te magistrske naloge. Delo organizacije pa je živ proces, ki se vseskozi spreminja, zato obstaja nevarnost, da bo strogo namensko izdelan pripomoček sčasoma postal pretesen. V prihodnosti se lahko pojavijo nepredvidene dodatne aktivnosti, ki bodo potekale s svojo dinamiko ter zahtevale drugačne oblike poročanja, formo izdelave poročil, obliko sporočanja podatkov o realiziranih stroških in podobno. V tem primeru bi bilo smiselno model nadgraditi z dodatnimi entitetami ter prilagoditi izvedbeni del programa novim zahtevam.

Kot omenjeno, temelji model na poglavitni entiteti – podatkih o standardih proizvajalcev. Brez točnih podatkov o njih sistem nima pomena. Potencialni problem, s katerim bi se lahko soočili uporabniki je zamudno vnašanje podatkov o razmeroma velikem številu standardov, ki se uporabljajo pri vsakdanjem delu.

Pri vnašanju preskusnih podatkov smo ugotovili, da vseh točk standardov ne moremo posplošiti zgolj na zahteve za preskušanje ter kriterije za ocenjevanje rezultatov. Standardi običajno vsebujejo v začetnih točkah tudi splošne smernice, ki jih je potrebno upoštevati pri interpretaciji posameznih točk v nadaljevanju.

Izkušenemu preskuševalcu to ne bi smelo predstavljati prevelike omejitve. Pri delu v kontrolnem laboratoriju namreč velja načelo, da rezultatov preskusa ni moč nedvoumno tolmačiti, če niso točno podani pogoji, pri katerih je bil preskus izveden ter nedvoumno določeni kriteriji, s katerimi je bilo ugotovljeno, ali je preskus ocenjen kot uspešen ali neuspešen. Za pomoč pri morebitnih dvomih interpretacije posamezne točke je bila dodana možnost vpogleda v elektronsko obliko standarda.

S formalnim zajemanjem podatkov o rezultatih preskušanj na mestu nastanka informacije – pri posameznem preskuševalcu – se zanj poveča obseg administrativnega dela, ki bi ga lahko koristno namenili dejanskemu delu z izdelki. Menim, da sistem na drugih področjih prinaša toliko prednosti (interpretacija zahtev standardov, izpis navodil za preskus, olajšana izdelava zaključnega poročila), da je sprememba načina dela ter povečan obseg dela pri formalnem vnašanju podatkov o poteku preskusa smiseln in upravičen.

6.2 Prednosti in slabosti večkriterijskega odločitvenega modela

Do sedaj smo si ogledali zgolj prednosti in slabosti podatkovnega modela. Model predstavlja osnovo za nadgradnjo, ki je namenjena analizi problematičnosti izdelkov. V nadaljevanju si bomo ogledali prednosti in slabosti večkriterijskega odločitvenega modela.

6.2.1 Prednosti

Večkriterijski odločitveni modeli temeljijo na analizi parametrov posameznih alternativ. Vrednosti parametrov lahko zagotovimo na dva načina: uporabimo lupino odločitvenega modela, ki je bila narejena za splošno uporabo ter s svojo fleksibilnostjo omogoča enostavno razširitev odločitvenih pravil, vendar moramo podatke o vrednostih posameznih parametrov vnesti ročno. Druga varianta predstavlja integracija odločitvenega modela v implementiran podatkovni model.

Prednost implementiranega odločitvenega modela je v tem, da podatke za vrednotenje variant povzema s pomočjo podatkovnega modela. S tem odpravimo ločeno vnašanje podatkov o vrednostih posameznih parametrov, saj so podatki tako ali tako zbrani zaradi drugih potreb, katerim mora zadoščati laboratorijski sistem.

Implementirani odločitveni model omogoča primerjavo med variantami in njihovo razvrščanje glede na izbrane kriterije. Množico izdelkov, ki se jih vzporedno preskuša v kontrolnem laboratoriju, razvrsti po problematičnosti ter izpostavi tiste, ki so potrebni posebne pozornosti odgovornih. V prototipu laboratorijskega informacijskega sistema smo za preskus delovanja uporabili zgolj tri izdelke ter jim priredili skupno 33 preskusov. Vidimo, da že ob zelo majhnem vzorcu izdelkov

nadzor nad posameznimi vidiki učinkovitosti postane nepregleden in nemogoč. Število izdelkov ter poskusov na posameznem izdelku je v realnosti neprimerno večje.

Z izborom relativno lahko dosegljivih agregiranih podatkov ter z uporabo preproste funkcije koristnosti dobimo s pomočjo večkriterijskega odločitvenega modela učinkovito orodje, ki omogoča pregled nad napredkom tudi sodelavcem, ki dela v laboratoriju ne spremljajo tekoče.

Z razvrščanjem po problematičnosti ter možnostjo analize sistem omogoča tudi drugim uporabnikom, ne zgolj sodelavcem laboratorija, vpogled v vzroke za odstopanja. Neposredni sodelavci laboratorija običajno zaradi dolgoletne prakse intuitivno vedo, kdaj bi posamezni projekt – izdelek lahko bil kritičen, tudi če nimajo pregleda nad vsemi opravljenimi in neopravljenimi preskusi. Za ostale sodelavce, ki dela laboratorija ne spremljajo vsakodnevno (vodstvo službe za zagotavljanje kakovosti, vodstvo sektorja razvoja, projektno vodstvo) pa je praktično nemogoče, da bi iz množice podatkov, ki jih dobijo v obliki poročil, izluščili pomembne informacije ter z njimi oblikovali listo prioritet. Odločitve so tako prepogosto odvisne od »internega marketinga« posameznih vodstev projektov.

Primerjava vrednosti funkcije koristnosti omogoča primerjavo med posameznimi projekti z vidika različnih podzvrsti učinkovitosti, kar sedaj ni bilo mogoče.

Možnost izbire uteži v izračunu funkcije koristnosti omogoča vsakemu uporabniku posebej, da med uporabo sistema funkcijo koristnosti prilagodi svojim potrebam ter analizira problematičnost opazovanih izdelkov glede na svoje preference.

6.2.2 Slabosti

Implementirani odločitveni model prinaša veliko prednost, z izvedenimi možnostmi pa nujno prinaša tudi določene omejitve. Pravilno je, da omenimo tudi nekatere njegove potencialne pomanjkljivosti.

S tem, ko smo odločitveni model vgradili v sistem, smo olajšali zajemanje vrednosti parametrov, hkrati pa potencialnemu uporabniku onemogočili, da bi v odločitveni model vgradil potencialne druge parametre, ki bi se mu zdeli smiselni. Sistem omogoča zgolj delno fleksibilnost odločitvenega modela s tem, ko izbiro vrednosti posameznih uteži prepušča uporabniku.

Pri izdelavi večkriterijskega odločitvenega modela so bili izbrani parametri, ki ne kažejo nujno celotne slike. Sistem je zamišljen kot orodje za pomoč delu v laboratoriju, ne upošteva pa drugih informacij, ki bi lahko pomembno vplivale na

prioriteto testiranj v laboratoriju, kot npr. števila izdelkov, donosnost posameznega izdelka, strateško pomembnost izdelka za prihodnost podjetja ipd.

Matematična oblika funkcije koristnosti je razmeroma preprosta. Uporabljena je bila kot prvi približek odločitvenega modela. Njeno uporabo lahko upravičimo s tem, da vsako bolj zapleteno obliko v prvem približku lahko aproksimiramo z linearno funkcijo. Ostaja pa dvom, ali je uporabljena oblika resnično prava in optimalna. Pravilnost izbire bo tako lahko pokazala le uporaba v realnem življenju.

Odločitveni model v implementirani obliki izdelke zgolj razvršča po problematičnosti, ne pove pa, katera vrednost funkcije koristnosti je tista, pri kateri problematičnost doseže kritično vrednost. Določitev te vrednosti, ki bi bila merodajna za vse uporabnike, je v praksi nemogoča. Pražna vrednost je odvisna od preferenc vsakega posameznika posebej ter se tako spreminja ob vsaki analizi.

6.3 Možne smeri razvoja sistema

Obravnani podatkovni model z nadgrajenim odločitvenim modelom je bil izdelan le v obliki prototipa. To pomeni, da je sistem sicer povsem funkcionalno sposoben, nima pa vgrajenih varoval, ki bi onemogočala nepooblaščen dostop do posameznih informacij. V kolikor bi v laboratoriju prišlo do uvedbe sistema v redno delo, bi bilo smiselno razmisliti o različnih nivojih zaščite podatkov.

Naslednje področje, ki ga bi bilo smiselno raziskati in izvesti, je povezljivost sistema z ostalimi podatkovnimi skladišči v podjetju. Smiselno bi bilo izdelati povezavo do informacijskih sistemov, v katerih so zbrani ostali kazalci uspešnosti posameznih projektov. Komunikacija bi moral potekati v obeh smereh. Laboratorijski informacijski sistem bi s centralnega informacijskega sistema podjetja zajemal podatke o novih izdelkih, vanj pa bi posredoval podatke o realiziranih stroških ipd.

Laboratorijski sistem bi bilo smiselno nadgraditi z opcijo izračunavanja zasedenosti posameznih virov, tako opreme kot sodelavcev. Z njegovo pomočjo bi lažje ocenjevali zasedenost na podlagi zgodovinskih podatkov ter pravičneje razporejali prihajajoče naloge. Z oceno zasedenosti strojene opreme bi lahko pravočasno in utemeljeno predvideli potrebe po dodatnih kapacitetah.

Sčasoma, ko bi se program uvedel kot redno pomožno sredstvo, se bi v programu zbirali podatki o opravljenih testih. Z analizo podatkov o realiziranih stroških za isti preskus bi bilo možno določiti empirične normirane stroške preskušanja. Na ta način bi lahko planer kakovosti ali kateri drugi predstavnik vodstva projekta že ob izdelavi naročila lahko razpolagal s kompetentno oceno predvidenih stroškov. Slednje je

pomembno pri izdelavi predkalkulacije ter načrtovanju stroškovne uspešnosti celotnega projekta.

Analogno bi lahko s pomočjo zgodovinskih podatkov ugotovili empirične podatke o času izvajanja posameznih preskusov ter tako določili realne terminske roke za izvedbo. Slednje bi omogočalo uspešnejše terminsko načrtovanje preskušanj.

Glede na potrebe bi bilo sistem smiselno nadgraditi z opcijo izdelave različnih poročil. Uporabniki storitev laboratorija običajno za svoje potrebe zahtevajo različne oblike poročil o porabljenih sredstvih v določenem časovnem obdobju, o številu testiranih izdelkov, o vseh izvedenih preskusih na danem izdelku ipd.

Zardi lažjega dostopanja zainteresiranih in upravičenih uporabnikov bi bilo sistem možno nadgraditi z opcijo dostopanja preko html strni, ki bi omogočala zgolj pregled nad statusom preskušanj, ne bi pa omogočala vnašanja in spreminjanja podatkov.

7 Sklep

V nalogi smo analizirali primer vodenja razvojnih projektov v podjetju, dobavitelju v avtomobilski industriji ter ga kritično primerjali s splošno veljavnimi koncepti razvoja izdelkov v avtomobilski industriji.

Z analizo in primerjavo različnih metodologij razvijanja izdelkov smo ugotovili, da so osnovne faze razvoja enake, spreminja se le poudarek posameznih področij znotraj posamezne metodologije.

Pri analizi metodologij smo posebej zasledovali vlogo laboratorijskega preskušanja funkcionalnih lastnosti izdelkov v različnih fazah razvoja izdelka. Ugotovili smo, da predstavlja laboratorijsko preskušanje ključni instrument za ugotavljanje doseganja načrtanih kakovostnih ciljev ter kupčevih želja skozi celotno življenjsko dobo izdelka.

V nadaljevanju smo preučili teorijo procesa odločanja ter vlogo in pomen ekspertnih sistemov pri njem. Podrobneje smo razgrnili princip večkriterijskega odločanja.

Sledila je izgradnja prototipa laboratorijskega informacijskega sistema. Na podlagi rezultatov analize stanja v laboratoriju smo izdelali v računalniški program implementiran podatkovni model, ki smo ga nadgradili z večparameterskim odločitvenim modelom.

Izdelani prototip podatkovnega ter večkriterijskega odločitvenega modela smo kritično ovrednotili z vzorčnimi podatki. V diskusiji smo preverili prednosti in slabosti tako podatkovnega kot odločitvenega modela ter nakazali izhodišča za nadaljnji razvoj prototipa.

Na začetku naloge smo si postavili delovne hipoteze (*poglavje Izhodišča raziskave in delovna hipoteza*) ter definirali cilje (*Cilj in namen raziskave*).

Ob sklepu naloge lahko delovne hipoteze potrdimo in ugotovimo:

- z izvedeno zasnovo podatkovnega modela lahko zaznamo razvojne probleme, ki se pokažejo šele v fazi preskušanja prototipov oz. prvih vzorcev,
- z zbranimi podatki lahko z metodami večkriterijskega odločanja, implementiranimi v večkriterijskem odločitvenem modelu, prepoznamo pomembnejše probleme pri razvoju izdelkov,

-
- z ustrezno obliko poročanja lahko omogočimo enostavnejši pregled nad problematičnostjo posameznih razvojnih projektov,

Glavna cilja raziskave sta bila:

- izdelati sistem zbiranja informacij povezanih z razvojnimi projekti v laboratoriju,
- na podlagi takega načina zbiranja informacij izdelati v informacijski sistem integrirani večkriterijski odločitveni model, ki omogoča zgodnje prepoznavanje problemov pri razvojnih projektih.

Oba cilja raziskave sta bila v nalogi izpolnjena.

Podatkovni model z nadgrajenim odločitvenim modelom je bil izveden v obliki prototipa. V prihodnje bi bilo smiselno sistem uvesti v redno uporabo ter ga ob nenehnem preskušanju v vsakdanjih okoliščinah prilagoditi, da bo postal učinkovito orodje pri planiranju novih razvojnih projektov ter nepogrešljivo orodje sodelavcem laboratorija.

8 Literatura

- [1] Access, gradivo za nadaljevalno usposabljanje. ISA.IT, d. o. o. Ljubljana, 2000. 92 str.
- [2] AIAG: About AIAG [URL: <http://www.aiag.org/about/index.asp>], 1. 5. 2003
- [3] AIAG: AIAG History Highlights [URL: <http://www.aiag.org/about/history.pdf>], 1.5.2003
- [4] AIAG: Quality [URL: <http://www.aiag.org/quality/>], 1. 5. 2003
- [5] ASQC Reliability Division, [URL: <http://www.enre.umd.edu/asqc.htm>], 1. 5. 2003
- [6] Bitenc Iztok, Mayer Janez, Rajkovič Vladislav: Ugotavljanje primernosti za vodenje s pomočjo ekspertnega sistema. Zbornik 19. posvetovanja organizatorjev dela. Kranj : Moderna organizacija, 1999, str. 493-497.
- [7] Bobek Samo: Načrtovanje in gradnja informacijskega sistema. [URL: <http://epf-oi.uni-mb.si/clani/bobek/Informatika/tema16.pdf>], 09. 12. 2003
- [8] Bohanec Marko, Rajkovič Vladislav, Semolič Brane, Pogačnik Aljana: Knowledge-based portfolio analysis for project evaluation, Information & Management 28, Elsevier, 293-302, 1995.
- [9] Bohanec Marko, Rajkovič Vladislav, Semolič Brane, Vošnjak A.: Računalniški ekspertni sistem za vrednotenje razvojno-raziskovalnih projektov, Organizacija in kadri 26(3-4), 168-179, 1993.
- [10] Bohanec Marko, Rajkovič Vladislav: DEX: An Expert System Shell for Decision Support. Systematica 1, 1990, str. 145-157.
- [11] Bohanec Marko, Rajkovič Vladislav: Multi-Attribute Decision Modeling: Industrial Applications of DEX. Informatica, Ljubljana, 23 (1999), str. 487 - 491.
- [12] Bohanec Marko, Rajkovič Vladislav: Računalniški ekspertni sistem za vrednotenje razvojno-raziskovalnih projektov. Organizacija: revija za management, informatiko in kadre. Kranj, 26 (1993), 3/4, str 168-179

-
- [13] Bohanec Marko, Rajkovič Vladislav: Večparameterski odločitveni modeli. Organizacija: revija za management, informatiko in kadre, Kranj, 28(1995),7, str 427-438.
- [14] Bohanec Marko, Rajkovič Vladislav: Večparameterski odločitveni modeli. Institut "Jožef Stefan" [URL: <http://www-ai.ijs.si/MarkoBohanec/org95/index.html>], 09. 12. 2003.
- [15] Bohanec Marko, Zupan Blaž, Rajkovič Vladislav: Hierarhični odločitveni modeli in njihova uporaba v zdravstvu. CADAM-97. Bled, 12. november 1997.
- [16] Bratko Ivan: Inteligentni informacijski sistemi. 4. izdaja. Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana, 1984, 106 str.
- [17] Chankong Vira, Haimes Yacov Y.: Multiobjective decision making: Theory and methodology, North-Holland, 1983, 406 str.
- [18] Clemen R. T.: Making Hard Decisions. An Introduction to Decision Analysis. 2nd Edition. Pacific Groove: Brooks/Cole Publishing Company - A Division of the International Thomson Publishing Inc., 1996, 664 str.
- [19] Dolžan Mojca: Projektni kontroling. Magistrsko delo. Ljubljana: Ekonomska fakulteta, 2002. 98 str, 21 pril.
- [20] Efstathiou Andrew: Justification Tools for Enterprise IT Projects. Boston [URL: http://www.sprint.com/whitepapers/Y_Justification_Tools.pdf], 09. 12. 2003. 14 str.
- [21] Ferle Maja: Večrazsežno modeliranje podatkov v praksi. [URL: http://www.drustvo-informatika.si/dogodki/arhiv/dsi2001/sekcija_a/ferle.doc], 09. 12. 2003
- [22] French Simon, Insua David Rios: Statistical Decision theory. London. Arnold. 2000, 301 str.
- [23] Getz Ken, Litwin Paul, Baron Andy: Access Cookbook. Cambridge: O'Reilly & Associates, Inc., 2002. 687 str.
- [24] Ghezzi Carlo, Jazayeri Mehdi, Mandrioli Dino: Fundamentals of Software Engineering. 2nd ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2003. 604 str.
- [25] Hart Anna: Expert Systems: An introduction for Managers. London: Kogan Page Ltd., 1988. 208 str.

-
- [26] Heracleous Loizos Th.: Rational Decision Making: Myth or Reality? Management Development Review. Vol. 7 (1994), št. 4, str. 16 – 23.
- [27] Hewlett-Packard, PDMIC: Understanding Product Data Management. B.k., PDM Information Center (PDMIC) [<http://www.pdmic.com/undrstnd.html>], 9. 12. 2003.
- [28] Hribar Robert: Analiza kritičnosti računalniških sistemov glede na regulativo o elektronskih zapisih in elektronskih podpisih. Magistrska naloga. Ljubljana: Ekonomska fakulteta, 2002. 84 str., 5 pril.
- [29] Humphrey Watts S.: Managing the Software Process. Reading, Massachusetts : Addison-Wesley Publishing Company, 1989. 494 str.
- [30] Kalin Borut, Bohanec Marko, Rajkovič Vladislav: Model vrednotenja proizvodnega programa, Zbornik XIII. posvetovanja organizatorjev dela. Organizacija, informatika, kadri pri vodenju in upravljanju družb. Portorož, 1994. str. 341-346.
- [31] Kampuš Andrej: Projektni management pri razvoju programskih rešitev. Magistrsko delo. Ljubljana: Ekonomska fakulteta, 2002. 86 str.
- [32] Keeney Ralph. L., Raiffa Howard: Decisions with multiple objectives: preferences and value tradeoffs. Cambridge: Cambridge University Press. 2003, 569 str.
- [33] Lep Marjan: Informatizacija avtobusnega voznorednega sistema. Strokovni posveti »Prometna politika – aktualna spoznanja in usmeritve«. [URL: <http://www.sigov.si/mpz/4pod/1/pdf/d3-4.pdf>], 8. 12. 2003.
- [34] Lipičnik Bogdan: Ravnanje z ljudmi pri delu. Ljubljana: Gospodarski vestnik, 1998. 422 str.
- [35] Mallach Efrem G.: Understanding Decision Support Systems and Expert Systems. Boston (Mass.). Richard D. Irwin Inc., 1994, 695 str.
- [36] Mitrovič Šanji: Kontrola projekta. Magistrsko delo. Ljubljana: Ekonomska fakulteta, 1998. 106 str.
- [37] Možina Stane et al.: Management. Radovljica : Didakta, 1994, str. 212-264.
- [38] Nagel Stuart S. (ed.): Applications of decision-aiding software, St. Martin's Press, 1992, 304 str.

-
- [39] Nagel Stuart. (ed.): Computer-aided decision analysis: Theory and applications, Quorum Books, 1993. 284 str.
- [40] Pivec Maja, Rajkovič Vladislav: Obvladovanje znanja z metodami umetne inteligence. Organizacija, št. 8-9, oktober-november 1999, str. 449-453.
- [41] Pungartnik Darjo: Organizacija projektov v projektno-matrični organizacijski strukturi. Ljubljana: Ekonomska fakulteta, 1997. 86 str.
- [42] Ríos S. (ed.): Decision theory and decision analysis: Trends and challenges, Kluwer Academic Publishers, 1994, 294 str.
- [43] Roblek Dominik: Objektno relacijsko preslikovanje. [URL:http://www.drustvo-informatika.si/dogodki/arhiv/dsi2001/sekcija_a/roblek.doc], 09. 12. 2003
- [44] Roman Steven: Access Database: Design & Programming. 3 izdaja. Cambridge: O'Reilly & Associates, Inc., 2002. 687 str.
- [45] Saaty Thomas L.: Fundamentals of decision making and priority theory : with the analytic hierarchy process. Pittsburgh: RWS Publications. 1994, 527 str.
- [46] Silver Mark S.: Systems that support decision makers. Chichester: John Wiley & Sons. 1991, 254 str.
- [47] Siskos Spyridakos Y.: Intelligent multicriteria decision support: Overview and perspectives. European Journal of Operational Research 113 (1999) 236 – 246.
- [48] Štiglic Matjaž: Ekspertni sistem za ocenjevanje strateškega položaja podjetij: magistrsko delo. Ljubljana, 2000. 49 str.
- [49] Šušteršič Olga et al.: Zasnova informacijskega sistema v patronažni zdravstveni negi. [URL: <http://lopes1.fov.uni-mb.si/CRII/clanek1.html>], 09. 12. 2003
- [50] Tričkovič-Rifelj Igor: Model upravljanja z znanjem v procesu izdaje dokazila o poreklu blaga. Magistrsko delo. Ljubljana: Ekonomska fakulteta, 2002. 96 str, 1 pril.
- [51] Turban Efraim: Decision support and expert systems :management support systems. Englewood Cliffs: Prentice-Hall. 1995.

9 Viri

- [1] APQP - Advanced Product Quality Planning and Control Plan: Reference Manual. Chrysler Corporation, Ford Motro Company, General Motors Corporation. 1995. 118 str.
- [2] Quality System Requirements QS 9000. 3. izdaja. Chrysler Corporation, Ford Motro Company, General Motors Corporation. 1998. 142 str.
- [3] VDA 4.1 - Sicherung der Qualität vor Serieneinsatz: Partnerschaftliche Zusammenarbeit, Abläufe, Methoden. 3. izdaja. Frankfurt am Mein: Verband der Automobilindustrie e.V., 1996. 186 str.
- [4] VDA 4.3 - Sicherung der Qualität vor Serieneinsatz: Projektplanung. 1. izdaja Frankfurt am Mein: Verband der Automobilindustrie e.V., 1998. 50 str.
- [5] VDA Aufgaben [<http://www.vda.de/de/vda/intern/aufgaben/index.html>], VDA, 1. 5. 2003
- [6] VDA Historie [<http://www.vda.de/de/vda/intern/organisation/historie.html>], VDA, 1. 5. 2003
- [7] GITA: Statewide Standard P740-S740: Data Modeling. [URL: http://gita.state.az.us/policies_standards/pdf/P740-S740%20Data%20Modeling.pdf], 10. 12. 2003
- [8] interni viri podjetja Saturnus Avtooprema d.d.

10 Slovar uporabljenih tujih izrazov

D

DEX

Decision Expert

informacijski sistem za podporo odločanju

D-FMEA

Design Failure Mode And Effect Analysis

analiza možnih napak in njihovih posledic pri konstrukciji, analogno tudi analiza možnih napak in njihovih posledic med procesom izdelave (P-FMEA)

E

EDMS

Electronic Document Management System

inf. sistem za upravljanje z dokumenti

F

Full-Run Test

test polne zmogljivosti

H

hevristika

nauk o metodah raziskovanja in pridobivanja novih

K

Kundenspezifisches Lastenheft

zahteve kupca

L

LIMS

Laboratory Information Management System

informacijski sistem za vodenje laboratorijev

M

MCDSS

Multicriteria Decision Support Systems

Multicriteria Analysis

sistemi za podporo večkriterijskemu odločanju
večkriterijska analiza

P

Process Flow Chart

Product Quality Plan

Produktfreigabe

diagram poteka

kontrolni plan izdelka

odobritev izdelka

Q

QS - Quality System

sistem za zagotavljanje kakovosti

S

Simultaneous Engineering

sočasno inženirstvo
spoznanj

V

Value System Approach

VDA

VDMI

Verein Deutscher Motorfahrzeug-Industrieller

vrednostni pristop

Verband der Automobilindustrie

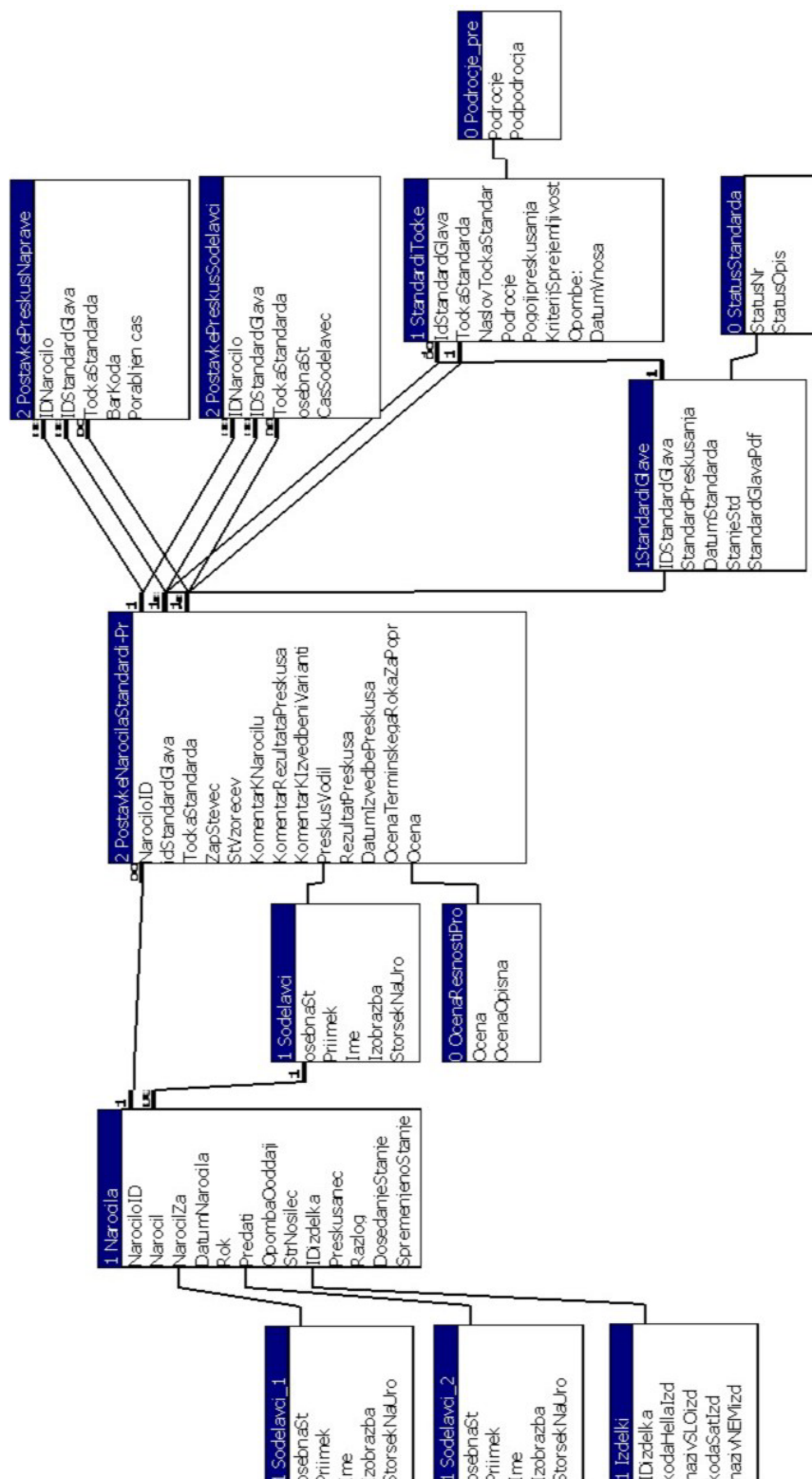
združenje nemških proizvajalcev motornih vozil
združenje avtomobilske industrije

11 Kazalo slik

Slika 1: Cikel načrtovanja kakovosti izdelka [APQP, 1995].....	7
Slika 2: Diagram časovnega poteka načrtovanja kakovosti izdelka po QS [APQP, 1995].....	10
Slika 3: Zgradba projektnega dela. Med dvema področjema nalog je potrebno s pomočjo kontrolnega seznama preveriti, ali so bile zahtevane aktivnosti opravljene.	18
Slika 4: Načrt poteka projektnega dela [VDA 4.3, 1998].....	19
Slika 5: Shematski prikaz časovnega poteka intenzivnosti dela pri starem in novem načinu razvijanja izdelkov.....	23
Slika 6: Racionalni odločitveni model.	37
Slika 7: Pogoji, ki pospešujejo učinkovito odločanje [Heracleous, 1994].	43
Slika 8: Razvoj strokovnega znanja. Strokovnjaki - eksperti pridejo do svojega znanja na podlagi izkušenj. Probleme lahko rešujejo na višjem nivoju, kjer morajo manj izkušeni uporabljati pravila ali strategije, ki jim pri tem pomagajo [Hart, 1988].	45
Slika 9: Uporaba računalnikov v procesu reševanja problemov. Z večanjem kompleksnosti informacij vloga računalnika v procesu odločanja postaja bolj rafinirana. [Hart, 1988].	46
Slika 10: Vloga ekspertnega sistema pri reševanju problemske situacije [Štiglic, 2000].	47
Slika 11: Zgradbe mreže sklepanja. Mreža sklepanja kaže, kako z uporabo dejstev (D) in pravil (P) pridemo do sklepa. Pri sklepanju dejstva povezujemo s pravili. [Hart, 1988].	48
Slika 12: Klasična zgradba ekspertnega sistema.	49
Slika 13: Pristop ameriške šole večkriterijske analize – šola vrednostnega pristopa.	51
Slika 14: Pristop z relacijo podrejen/nadrejen.....	52
Slika 15: Pristop z razdruževanjem in naknadnim spajanjem odločitvenih pravil.	52
Slika 16: Večparameterski odločitveni model – pristop ameriške šole, prirejeno po [Bohanec, Rajkovič, 1995].	54
Slika 17: Diagram podatkovnih tokov v kontrolnem laboratoriju v notaciji Yourdan-DeMarco [Gita, 2003]. Vsaka od puščic predstavlja podatkovni tok z zahtevanimi povsem določenimi informacijami, katerih oblika je vnaprej znana.....	59
Slika 18: Entitetno-relacijski diagram podatkovnega modela laboratorija.	62
Slika 19: E-R diagram z označenimi relacijami.....	63

Slika 20: Obrazec za vnos podatkov o standardih. Standard je sestavljen iz posameznih točk, le-te pa predstavljajo osnovno enoto preskušanja. Obrazec omogoča tudi pregled originalnega dokumenta, ki je v bazi shranjen v .pdf obliki.	66
Slika 21: Prva stran obrazca za vnos podatkov o naročilu. Namenjena je vnosu podatkov o splošnih podatkih preskušancev, časovnih in stroškovnih zahtevah pri preskušanju ter vnosu podatkov o dosedanjem stanju ter spremembah na izdelku.....	67
Slika 22: Druga stran obrazca naročila. Namenjena je vnosu zahtevanih testiranj.	68
Slika 23: Zadnja stran obrazca naročil omogoča pregled nad stroški že izvedenih in obračunanih preskusov znotraj opazovanega naročila.	69
Slika 24: Prva in druga stran obrazca za vnos podatkov o posameznem preskusu.	70
Slika 25: Tretja stran obrazca za vnos podatkov o preskušanju je namenjena vnosu rezultatov preskušanja.	71
Slika 26: Zadnja stran obrazca je namenjena zajemu podatkov o porabi virov pri posameznem preskusu.	73
Slika 27: Uporabniško okno s pregledom kazalcev kakovostne, terminske in stroškovne učinkovitosti.	75
Slika 28: Uporabniško okno s pojasnitvijo agregiranih podatkov kakovostne učinkovitosti.	78
Slika 29: Uporabniško okno z analizo kazalcev stroškovne učinkovitosti. Posamezno naročilo oz. preskus si lahko ogledamo z dvoklikom na izbirno puščico levo od vnosa.	79
Slika 30: Uporabniško okno za analizo časovne učinkovitosti. Okno je bilo izpisano 7. decembra. Ker v naročilu št. 5 dva preskusa (35 in 36) še nista bila izvedena, se ob naročilu izpiše število dni zamude.	79
Slika 31: Uporabniško okno s prikazom vrednosti funkcije koristnosti za posamezni izdelek. Izdelki so urejeni po problematičnosti od najbolj do najmanj problematičnega.	82
Slika 32: Podatkovni model, izpisan v okolju MS Access. Pri posameznih entitetah so vidni posamezni atributi.	4

12 Priloga A: Podatkovni model, izpisan v okolju MS Access



Slika 32: Podatkovni model, izpisan v okolju MS Access. Pri posameznih entitetah so vidni posamezni atributi.

13 Priloga B:

Pregled preskusov uporabljenih za preverjanje delovanja prototipa

Pregled preskusov

naziv izdelka: 123_1

glavni žaromet

naročilo št. 5

datum naročila: 13.10.2003

rok: 1.2.2004

preskus 26 Tesnost

standard: VW TL 956

točka:

5.1

pogoji preskušanja: preskušanec napolnimo z nadtlakom 30mbar, pred tem zatesnimo vse prezračevanju namenjene odprtine. Varjeni in/ali lepljeni robovi preskušanca med testiranjem ne smejo biti dodatno mehansko obremenjeni s testno pripravo.

Regulacijo tlaka je potrebno izvesti preko centralnega konektorja.
Preskušanec za 15s potopimo v vodo (globina potapljanja varjenega šiva ali tesnila: 50mm pod vodno gladino).

kriterij sprejemljivosti: med testiranjem iz preskušanca ne smejo izhajati zračni mehurčki.

datum izvedbe: 26.11.2003

stroški uporabljenih naprav:

rezultat: ustreza

stroški dela: 272,00 €

število dni za rešitev problema: 0

stroški skupaj: 272,00 €

preskus 27 Dežni test

standard: VW TL 956

točka:

5.2

pogoji preskušanja: pred testom je potrebno izvesti shranjevanje pri nadzorovanih pogojih (glej točko 5.6a). Nato (prej kot v 5 min) začnemo s 6-urnim preskušanjem.

Preskus je razdeljen v tri faze:

- a) dežna komora deluje, preskušanec ne deluje (5min)
- b) dežna komora deluje, preskušanec deluje (5min)
- c) dežna komora ne deluje, preskušanec deluje (5min)

Preskušanje se konča s fazo c, ki traja 15minut.
Časovna toleranca posamezne faze je +/- 5 s.

Izvedba preskusa skladno z PV3501. Zaščita IP X 4K skladno z PV3501.

kriterij sprejemljivosti: po končanem preskus ter nadaljnih 15 min delovanja preskušanca pri napetosti 13.5V izven preskusne komore pri sobni temperaturi v preskušancu ne sme biti vidnih ostankov vode.

datum izvedbe: 26.11.2003

stroški uporabljenih naprav:

1.098,27 €

rezultat: ne ustreza

stroški dela: 48,00 €

število dni za rešitev problema: 0

stroški skupaj: 1.146,27 €

Pregled preskusov

naziv izdelka: 123_1

glavni žaromet

naročilo št. 5

datum naročila: 13.10.2003

rok: 1.2.2004

preskus 35 Odpornost na vibracije

standard: VW TL 956

točka:

5.5

pogoji preskušanja: poškodovane žarnice po preskusu se lahko zamenjajo. Med preskusom preizkušanelec ni vključen. Na vibracijski stroj ga pritrdimo s pomočjo testnega podstavka.

Testni pogoji:

a)

vzbujanje nihanja - širokopasovni šum skladno z VW 801 01. Jakost - Z os - skladno s področjem zahtev. Za X in Y os veljajo naslednje zahteve: frekvenca v Hz/ gostota pospeška v (m/s²)²/Hz.

10,0 / 2,5

50,0 / 2,5

66,7 / 0,25

100,0 / 0,25

1000,0 / 0,025

Efektivna vrednost pospeška v m/s²: 9,5.

b)

vibracijska trdnost po FMVSS 108.

kriterij sprejemljivosti: po testiranju morajo biti fotometrične vrednosti v zahtevanih intervalih, ne sme priti do pomanjkljivosti (npr. razpoke v ohišju, prileganje vgrajenih komponent, še posebej pri svetlobnih telesih z več komorami.) Poškodovane žarnice se lahko zamenjajo pred preskušanjem fotometričnih vrednosti.

Po testu mora biti zagotovljena tesnosti skladno s točko 5.1.

datum izvedbe:

stroški uporabljenih naprav:

rezultat:

stroški dela:

število dni za rešitev problema: 0

stroški skupaj:

0,00 €

preskus 36 Odpornost na notranje napetosti

standard: VW TL 956

točka:

5.4.3.3

pogoji preskušanja: preskušanelec potapimo v vodo za 15 min v vodoravnem položaju. Leča je obrnjena navzdol. Nato preskušanelec shranjujemo 30 min v mirujočem zraku, vodoravno, leča je obrnjena navzgor.

Reagent:

mešanica etanol - voda v razmerju 90:10.

kriterij sprejemljivosti: takoj po osušitvi (30min) ne smejo biti prisotni razpoke zaradi notranje napetosti (skozi material). Razpoke zaradi sušenja (mraža drobnih razpok na površini) ne predstavlja vzroka za negativen rezultat preskusa.

datum izvedbe:

stroški uporabljenih naprav:

rezultat:

stroški dela:

število dni za rešitev problema: 0

stroški skupaj:

0,00 €

Pregled preskusov

naziv izdelka: 123_1		glavni žaromet	
naročilo št. 5	datum naročila: 13.10.2003	rok: 1.2.2004	
preskus 37	Odpornost zunanjih stekel žarometov na maziva	standard: VW TL 956	točka: 5.4.3.2
pogoji preskušanja: 5 min po preskusu očistimo površino ter izmerimo vrednosti povratnega bleščanja. Izvedba preskusa: omočljivost: po VW 801 01 Reagenti: po VW 801 01, ustrezno zahtevanemu področju. Preskusna površina: zunanja površina, še posebej površina, skozi katero izstopa svetlobni pramen. kriterij sprejemljivosti: po testu: - vrednosti povratnega bleščanja morjo biti v zahtevanem intervalu. - morajo biti izpolnjene zakonske zahteve - fotometrija ter barvna ustreznost. - na površini ne sme biti s prostim očesom vidnih razpok ali drugih sprememb.			
datum izvedbe: 26.11.2003		stroški uporabljenih naprav:	
rezultat: ustreza		stroški dela:	48,00 €
število dni za rešitev problema: 0		stroški skupaj:	48,00 €
preskus 38	Odpornost zunanjih stekel žarometov na reagente	standard: VW TL 956	točka: 5.4.3.1
pogoji preskušanja: preskušance pred preskusom 48h shranjujemo pri normalni klimi DIN 50 014-23/50-2. Izvedba preskusa: Omočljivost: po VW 801 01 Reagenti: po VW 801 01, ustrezno zahtevanemu področju. Preskusna površina: Zunanja površina, še posebej površina, skozi katero izstopa svetlobni pramen. Trajanje preskusa: 5 min. Po preskusu preskušance hranimo 15min pri normalni klimi DIN 50 014-23/50-2, zaščiteno pred sončnim obsevanjem. kriterij sprejemljivosti: po testu: - morajo biti izpolnjene zakonske zahteve - fotometrija ter barvna ustreznost. - na površini ne sme biti s prostim očesom vidnih razpok ali drugih sprememb.			
datum izvedbe: 26.11.2003		stroški uporabljenih naprav:	
rezultat: ustreza		stroški dela:	42,00 €
število dni za rešitev problema: 14		stroški skupaj:	42,00 €
preskus 39	Zahteve za stekla - kakovost leč	standard: VW TL 956	točka: 5.4.1
pogoji preskušanja: vizulano opazovanje. kriterij sprejemljivosti: brez razpok, raz in površinskih napak.			
datum izvedbe: 26.11.2003		stroški uporabljenih naprav:	
rezultat: ustreza		stroški dela:	20,00 €
število dni za rešitev problema: 0		stroški skupaj:	20,00 €

Pregled preskusov

naziv izdelka: 123_1		glavni žaromet	
naročilo št. 7	datum naročila: 19.10.2003	rok:	15.2.2004
preskus 32	Zahteve za stekla - kakovost leč	standard: VW TL 956	točka: 5.4.1
pogoji preskušanja: vizulano opazovanje.			
kriterij sprejemljivosti: brez razpok, raz in površinskih napak.			
datum izvedbe: 24.11.2003		stroški uporabljenih naprav:	
rezultat: ustreza		stroški dela:	50,00 €
število dni za rešitev problema: 0		stroški skupaj:	50,00 €
preskus 33	Odpornost zunanjih stekel žarometov na reagente	standard: VW TL 956	točka: 5.4.3.1
pogoji preskušanja: preskušance pred preskusom 48h shranjujemo pri normalni klimi DIN 50 014-23/50-2.			
Izvedba preskusa:			
Omočljivost: po VW 801 01			
Reagenti: po VW 801 01, ustrezno zahtevanemu področju.			
Preskusna površina: Zunanja površina, še posebej površina, skozi katero izstopa svetlobni pramen.			
Trajanje preskusa: 5 min.			
Po preskusu preskušance hranimo 15min pri normalni klimi DIN 50 014-23/50-2, zaščiten pred sončnim obsevanjem.			
kriterij sprejemljivosti: po testu:			
- morajo biti izpolnjene zakonske zahteve - fotometrija ter barvna ustreznost.			
- na površini ne sme biti s prostim očesom vidnih razpok ali drugih sprememb.			
datum izvedbe: 22.11.2003		stroški uporabljenih naprav:	
rezultat: ne ustreza		stroški dela:	60,00 €
število dni za rešitev problema: 0		stroški skupaj:	60,00 €
preskus 34	Odpornost zunanjih stekel žarometov na maziva	standard: VW TL 956	točka: 5.4.3.2
pogoji preskušanja: 5 min po preskusu očistimo površino ter izmerimo vrednosti povratnega bleščanja.			
Izvedba preskusa:			
omočljivost: po VW 801 01			
Reagenti: po VW 801 01, ustrezno zahtevanemu področju.			
Preskusna površina: zunanja površina, še posebej površina, skozi katero izstopa svetlobni pramen.			
kriterij sprejemljivosti: po testu:			
- vrednosti povratnega bleščanja morjo biti v zahtevanem intervalu.			
- morajo biti izpolnjene zakonske zahteve - fotometrija ter barvna ustreznost.			
- na površini ne sme biti s prostim očesom vidnih razpok ali drugih sprememb.			
datum izvedbe: 22.1.2002		stroški uporabljenih naprav:	
rezultat: ustreza		stroški dela:	27,50 €
število dni za rešitev problema: 0		stroški skupaj:	27,50 €

Pregled preskusov

naziv izdelka: 123_1		glavni žaromet	
naročilo št. 7	datum naročila: 19.10.2003		rok: 15.2.2004
preskus 40 Dežni test	standard: VW TL 956	točka:	5.2
pogoji preskušanja: pred testom je potrebno izvesti shranjevanje pri nadzorovanih pogojih (glej točko 5.6a). Nato (prej kot v 5 min) začnemo s 6-urnim preskušanjem. Preskus je razdeljen v tri faze: a) dežna komora deluje, preskušanelec ne deluje (5min) b) dežna komora deluje, preskušanelec deluje (5min) c) dežna komora ne deluje, preskušanelec deluje (5min) Preskušanje se konča s fazo c, ki traja 15minut. Časovna toleranca posamezne faze je +/- 5 s. Izvedba preskusa skladno z PV3501. Zaščita IP X 4K skladno z PV3501. kriterij sprejemljivosti: po končanem preskus ter nadaljnih 15 min delovanja preskušanca pri napetosti 13.5V izven preskusne komore pri sobni temperaturi v preskušancu ne sme biti vidnih ostankov vode.			
datum izvedbe: 29.11.2003		stroški uporabljenih naprav:	823,70 €
rezultat: ne ustreza		stroški dela:	40,00 €
število dni za rešitev problema: 12		stroški skupaj:	863,70 €
preskus 42 Odpornost na notranje napetosti	standard: VW TL 956	točka:	5.4.3.3
pogoji preskušanja: preskušanelec potapimo v vodo za 15 min v vodoravnem položaju. Leča je obrnjena navzdol. Nato preskušanelec shranjujemo 30 min v mirujočem zraku, vodoravno, leča je obrnjena navzgor. Reagent: mešanica etanol - voda v razmerju 90:10. kriterij sprejemljivosti: takoj po osušitvi (30min) ne smejo biti prisotni razpoke zaradi notranje napetosti (skozi material). Razpoke zaradi sušenja (mraža drobnih razpok na površini) ne predstavlja vzroka za negativen rezultat preskusa.			
datum izvedbe:		stroški uporabljenih naprav:	26,25 €
rezultat:		stroški dela:	24,00 €
število dni za rešitev problema: 0		stroški skupaj:	50,25 €

Pregled preskusov

naziv izdelka: 123_1		glavni žaromet	
naročilo št. 8	datum naročila: 13.10.2003		rok: 5.3.2004
preskus 43 Tesnost	standard: VW TL 956	točka:	5.1
pogoji preskušanja: preskušanec napolnimo z nadtlakom 30mbar, pred tem zatesnimo vse prezračevanju namenjene odprtine. Varjeni in/ali lepljeni robovi preskušanca med testiranjem ne smejo biti dodatno mehansko obremenjeni s testno pripravo. Regulacijo tlaka je potrebno izvesti preko centralnega konektorja. Preskušanec za 15s potopimo v vodo (globina potapljanja varjenega šiva ali tesnila: 50mm pod vodno gladino). kriterij sprejemljivosti: med testiranjem iz preskušanca ne smejo izhajati zračni mehurčki.			
datum izvedbe:		stroški uporabljenih naprav:	
rezultat:		stroški dela:	
število dni za rešitev problema: 0		stroški skupaj: 0,00 €	
preskus 44 Dežni test	standard: VW TL 956	točka:	5.2
pogoji preskušanja: pred testom je potrebno izvesti shranjevanje pri nadzorovanih pogojih (glej točko 5.6a). Nato (prej kot v 5 min) začnemo s 6-urnim preskušanjem. Preskus je razdeljen v tri faze: a) dežna komora deluje, preskušanec ne deluje (5min) b) dežna komora deluje, preskušanec deluje (5min) c) dežna komora ne deluje, preskušanec deluje (5min) Preskušanje se konča s fazo c, ki traja 15minut. Časovna toleranca posamezne faze je +/- 5 s. Izvedba preskusa skladno z PV3501. Zaščita IP X 4K skladno z PV3501. kriterij sprejemljivosti: po končanem preskus ter nadaljnih 15 min delovanja preskušanca pri napetosti 13.5V izven preskusne komore pri sobni temperaturi v preskušancu ne sme biti vidnih ostankov vode.			
datum izvedbe:		stroški uporabljenih naprav:	
rezultat:		stroški dela:	
število dni za rešitev problema: 0		stroški skupaj: 0,00 €	

Pregled preskusov

naziv izdelka: 123_2		zadnja zdru. svetilka	
naročilo št. 6	datum naročila: 13.10.2003	rok: 15.2.2004	
preskus 29	Obstojnost žarnic v držalu žarnice po VW 751 22	standard: VW TL 956	točka: 5.3.2
pogoji preskušanja: stabilnost delovanja žarnic v držalu žarnic prekušamo po VW 751 22			
kriterij sprejemljivosti: glej VW 751 22			
datum izvedbe: 27.11.2003		stroški uporabljenih naprav:	
rezultat: ne ustreza		stroški dela:	7,50 €
število dni za rešitev problema: 12		stroški skupaj:	7,50 €
preskus 30	Sila kontaktov	standard: VW TL 956	točka: 5.3.3
pogoji preskušanja: sila pri izvleku kontaktov			
kriterij sprejemljivosti: 5 do 20 N			
datum izvedbe: 27.11.2003		stroški uporabljenih naprav:	
rezultat: ustreza		stroški dela:	30,00 €
število dni za rešitev problema: 0		stroški skupaj:	30,00 €
preskus 31	Sila, potrebna za vstavitve in izvlek vtikača	standard: VW TL 956	točka: 5.3.4
pogoji preskušanja: sila, potrebna za vstavitev in izvlek vtikača			
kriterij sprejemljivosti: skladno z VW 801 06			
datum izvedbe:		stroški uporabljenih naprav:	
rezultat:		stroški dela:	48,00 €
število dni za rešitev problema: 0		stroški skupaj:	48,00 €
preskus 41	Dežni test	standard: VW TL 956	točka: 5.2
pogoji preskušanja: pred testom je potrebno izvesti shranjevanje pri nadzorovanih pogojih (glej točko 5.6a). Nato (prej kot v 5 min) začnemo s 6-urnim preskušanjem.			
Preskus je razdeljen v tri faze:			
a) dežna komora deluje, preskušanec ne deluje (5min)			
b) dežna komora deluje, preskušanec deluje (5min)			
c) dežna komora ne deluje, preskušanec deluje (5min)			
Preskušanje se konča s fazo c, ki traja 15minut.			
Časovna toleranca posamezne faze je +/- 5 s.			
Izvedba preskusa skladno z PV3501. Zaščita IP X 4K skladno z PV3501.			
kriterij sprejemljivosti: po končanem preskus ter nadaljnih 15 min delovanja preskušanca pri napetosti 13.5V izven preskusne komore pri sobni temperaturi v preskušancu ne sme biti vidnih ostankov vode.			
datum izvedbe: 29.11.2003		stroški uporabljenih naprav:	549,13 €
rezultat: ne ustreza		stroški dela:	40,00 €
število dni za rešitev problema: 12		stroški skupaj:	589,13 €

Pregled preskusov

naziv izdelka: 123_3		enofunkc. svetilka	
naročilo št. 9	datum naročila: 11.11.2002		rok: 12.11.200
preskus 46 Tesnost	standard: VW TL 956	točka:	5.1
pogoji preskušanja: preskušanec napolnimo z nadtlakom 30mbar, pred tem zatesnimo vse prezračevanju namenjene odprtine. Varjeni in/ali lepljeni robovi preskušanca med testiranjem ne smejo biti dodatno mehansko obremenjeni s testno pripravo. Regulacijo tlaka je potrebno izvesti preko centralnega konektorja. Preskušanec za 15s potopimo v vodo (globina potapljanja varjenega šiva ali tesnila: 50mm pod vodno gladino). kriterij sprejemljivosti: med testiranjem iz preskušanca ne smejo izhajati zračni mehurčki.			
datum izvedbe: 6.12.2003		stroški uporabljenih naprav:	7,50 €
rezultat: ne ustreza		stroški dela:	40,00 €
število dni za rešitev problema: 0		stroški skupaj:	47,50 €
preskus 47 Dežni test	standard: VW TL 956	točka:	5.2
pogoji preskušanja: pred testom je potrebno izvesti shranjevanje pri nadzorovanih pogojih (glej točko 5.6a). Nato (prej kot v 5 min) začnemo s 6-urnim preskušanjem. Preskus je razdeljen v tri faze: a) dežna komora deluje, preskušanec ne deluje (5min) b) dežna komora deluje, preskušanec deluje (5min) c) dežna komora ne deluje, preskušanec deluje (5min) Preskušanje se konča s fazo c, ki traja 15minut. Časovna toleranca posamezne faze je +/- 5 s. Izvedba preskusa skladno z PV3501. Zaščita IP X 4K skladno z PV3501. kriterij sprejemljivosti: po končanem preskus ter nadaljnih 15 min delovanja preskušanca pri napetosti 13.5V izven preskusne komore pri sobni temperaturi v preskušancu ne sme biti vidnih ostankov vode.			
datum izvedbe: 30.11.2003		stroški uporabljenih naprav:	549,13 €
rezultat: ne ustreza		stroški dela:	37,50 €
število dni za rešitev problema: 13		stroški skupaj:	586,63 €

Pregled preskusov

naziv izdelka: 123_3		enofunkc. svetilka	
naročilo št. 10	datum naročila: 5.11.2003		rok: 20.2.2004
preskus 49 Tesnost	standard: VW TL 956	točka:	5.1
pogoji preskušanja: preskušanec napolnimo z nadtlakom 30mbar, pred tem zatesnimo vse prezračevanju namenjene odprtine. Varjeni in/ali lepljeni robovi preskušanca med testiranjem ne smejo biti dodatno mehansko obremenjeni s testno pripravo. Regulacijo tlaka je potrebno izvesti preko centralnega konektorja. Preskušanec za 15s potopimo v vodo (globina potapljanja varjenega šiva ali tesnila: 50mm pod vodno gladino). kriterij sprejemljivosti: med testiranjem iz preskušanca ne smejo izhajati zračni mehurčki.			
datum izvedbe: 5.12.2003		stroški uporabljenih naprav:	
rezultat: ustreza		stroški dela:	25,00 €
število dni za rešitev problema: 0		stroški skupaj:	25,00 €
preskus 50 Dežni test	standard: VW TL 956	točka:	5.2
pogoji preskušanja: pred testom je potrebno izvesti shranjevanje pri nadzorovanih pogojih (glej točko 5.6a). Nato (prej kot v 5 min) začnemo s 6-urnim preskušanjem. Preskus je razdeljen v tri faze: a) dežna komora deluje, preskušanec ne deluje (5min) b) dežna komora deluje, preskušanec deluje (5min) c) dežna komora ne deluje, preskušanec deluje (5min) Preskušanje se konča s fazo c, ki traja 15minut. Časovna toleranca posamezne faze je +/- 5 s. Izvedba preskusa skladno z PV3501. Zaščita IP X 4K skladno z PV3501. kriterij sprejemljivosti: po končanem preskus ter nadaljnih 15 min delovanja preskušanca pri napetosti 13.5V izven preskusne komore pri sobni temperaturi v preskušancu ne sme biti vidnih ostankov vode.			
datum izvedbe: 6.12.2003		stroški uporabljenih naprav:	549,13 €
rezultat: ne ustreza		stroški dela:	60,00 €
število dni za rešitev problema: 0		stroški skupaj:	609,13 €
preskus 52 Obstoynost žarnic v držalu žarnice po VW 751 22	standard: VW TL 956	točka:	5.3.2
pogoji preskušanja: stabilnost delovanja žarnic v držalu žarnic prekušamo po VW 751 22 kriterij sprejemljivosti: glej VW 751 22			
datum izvedbe:		stroški uporabljenih naprav:	
rezultat:		stroški dela:	36,00 €
število dni za rešitev problema: 0		stroški skupaj:	36,00 €

14 Priloga C:

Izpis rezultatov vrednotenja testnih podatkov z večparameterskim odločitvenim modelom

Analiza kazalcev QCT za posamezne izdelke

Analiza kazalcev QCT za posamezni izdelek

Povzetek

Izberite izdelek:

123_1	glavni žaromet
123_2	zadnja zdru. svetilka
123_3	enofunkc. svetilka



Q

stevilo naročil:	3
stevilo vseh preskusov:	14
delež uspešnih preskusov:	42,9%
delež neuspešnih preskusov:	21,4%
delež neizvedeni preskusov:	35,7%
stevilo ponovljenih preskusov:	2
povprečno število ponovitev:	1

vec ...

C

stroški dela:	631,50 €
stroški opreme:	1.948,22 €
skupaj:	2.579,72 €
proracun testiranja:	8.000,00 €
delež koriscenja:	32,2%

vec ...

T

Sestevak dni zamude.
Upostevana so vsa narocila za preskuse na izbranem izdelku:

46

Najdaljsi ocenjeni rok za spremembo izdelka po oceni preskusevalca:

14

Cas do najbolj oddaljenga roka za izvedbo narocila preskusov na izbranem izdelku:

3

Opomba:
Gre za agregirane podatke, ki so povzetek vecih naroci. Tako lahko določeno narocilo zamuja, pri drugem pa hkrati rok se ni bil prekoracen.

vec ...

Izhod

Analiza kazalcev QCT za posamezne izdelke

Analiza kazalcev QCT za posamezni izdelek

Povzetek

Izberite izdelek:

123_1	glavni žaromet
123_2	zadnja zdru. svetilka
123_3	enofunkc. svetilka



Q

stevilo naročil:	1
stevilo vseh preskusov:	4
delež uspešnih preskusov:	25,0%
delež neuspešnih preskusov:	50,0%
delež neizvedeni preskusov:	25,0%
stevilo ponovljenih preskusov:	2
povprečno število ponovitev:	0,5

vec ...

C

stroški dela:	125,50 €
stroški opreme:	549,13 €
skupaj:	674,63 €
proracun testiranja:	2.500,00 €
delež koriscenja:	27,0%

vec ...

T

Sestevak dni zamude.
Upostevana so vsa narocila za preskuse na izbranem izdelku:

16

Najdaljsi ocenjeni rok za spremembo izdelka po oceni preskusevalca:

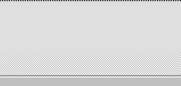
12

Cas do najbolj oddaljenga roka za izvedbo narocila preskusov na izbranem izdelku:

Opomba:
Gre za agregirane podatke, ki so povzetek vecih naroci. Tako lahko določeno narocilo zamuja, pri drugem pa hkrati rok se ni bil prekoracen.

vec ...

Izhod

Analiza kazalcev QCT za posamezni izdelek															
Povzetek															
Izberite izdelek:															
123_1	glavni žeromet														
123_2	zadnja zdru. svetilka														
123_3	enofunkc. svetilka														
															
Q	<table border="1"> <tr> <td>stevilo naročil:</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>stevilo vseh preskusov:</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>delež uspešnih preskusov:</td> <td>20,0%</td> </tr> <tr> <td>delež neuspešnih preskusov:</td> <td>60,0%</td> </tr> <tr> <td>delež neizvedeni preskusov:</td> <td>20,0%</td> </tr> <tr> <td>stevilo ponovljenih preskusov:</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>povprečno število ponovitev:</td> <td>1</td> </tr> </table>	stevilo naročil:	2	stevilo vseh preskusov:	5	delež uspešnih preskusov:	20,0%	delež neuspešnih preskusov:	60,0%	delež neizvedeni preskusov:	20,0%	stevilo ponovljenih preskusov:	2	povprečno število ponovitev:	1
stevilo naročil:	2														
stevilo vseh preskusov:	5														
delež uspešnih preskusov:	20,0%														
delež neuspešnih preskusov:	60,0%														
delež neizvedeni preskusov:	20,0%														
stevilo ponovljenih preskusov:	2														
povprečno število ponovitev:	1														
	VEC ...														
C	<table border="1"> <tr> <td>stroški dela:</td> <td>198,50 €</td> </tr> <tr> <td>stroški opreme:</td> <td>1.105,77 €</td> </tr> <tr> <td>skupaj:</td> <td>1.304,27 €</td> </tr> <tr> <td>proračun testiranj:</td> <td>11.000,00 €</td> </tr> <tr> <td>delež koriscenja:</td> <td>11,9%</td> </tr> </table>	stroški dela:	198,50 €	stroški opreme:	1.105,77 €	skupaj:	1.304,27 €	proračun testiranj:	11.000,00 €	delež koriscenja:	11,9%				
stroški dela:	198,50 €														
stroški opreme:	1.105,77 €														
skupaj:	1.304,27 €														
proračun testiranj:	11.000,00 €														
delež koriscenja:	11,9%														
	VEC ...														
T	Sestavek dni zamude. Upoštevana so vsa naročila za preskuse na izbranem izdelku: 11 Najdaljši ocenjeni rok za spremembo izdelka po oceni preskusevalca: 13 Cas do (najbolj) oddaja roka za izvedbo naročil preskusov na izbranem izdelku: Opomba: Gre za agregirane podatke, ki so povzetek večih naročil. Tako lahko določeno naročilo zamuja, pri drugem pa hkrati rok se ni bil prekoračen. VEC ...														
Izhod															

Analiza problematičnosti izdelkov

Analiza problematičnosti je namenjena odkrivanju izdelkov, pri katerih se pri testiranju v laboratoriju soočamo s problemi. Pomagamo si z izračunavanjem funkcije koristnosti, katere vrednost izračunamo kot preprosto uteženo vsoto agregiranih podatkov za posamezni izdelek.

Višja ko je vrednost funkcije koristnosti, bolj problematičen je posamezni izdelek.

Razmerje med posameznimi komponentami v izračunu funkcije koristnosti uravnavamo s spreminjanjem razmerij med faktorjem kakovosti Q, faktorjem stroškovne učinkovitosti C ter faktorjem terminske učinkovitosti T.

	Q	:	C	:	T
	1		1		1

	koda in naziv izdelka	uspešni preskusi	neuspešni preskusi	neizvedeni preskusi	stopnja koriščenja	razlika stroški - rezultat	zamuda dni	vrednost funkcije
▶	123_1 glavni žaromet	42,9%	21,4%	35,7%	32,2%	-10,6%	46	1,25
	123_2 zadnja zdru. svetilka	25,0%	50,0%	25,0%	27,0%	2,0%	16	1,20
	123_3 enofunkc. svetilka	20,0%	60,0%	20,0%	11,9%	-8,1%	11	0,95

Scenariji:
 Z izbiro enega od gumbov se pri izračunu funkcije koristnosti in rangiranju upošteva zgolj izbrani vidik.