

УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА

проф. др Славко Арсовски
доц. др Александар Алексић
доц. др Александар Ђорђевић

ПРОИЗВОДНИ СИСТЕМИ

Крагујевац, 2021.

Производни системи

ИСБН: 978-86-6335-080-9

Аутори: *Др Славко Арсовски, редовни професор у пензији*
Факултет инжењерских наука,
Универзитет у Крагујевцу
Др Александар Алексић, доцент
Факултет инжењерских наука,
Универзитет у Крагујевцу
Др Александар Ђорђевић, доцент
Факултет инжењерских наука,
Универзитет у Крагујевцу

Рецензенти: *Др Александар Вујовић, редовни професор*
Машински факултет,
Универзитет Црне Горе
Др Ненад Симеуновић, ванредни професор
Факултет техничких наука,
Универзитет у Новом Саду
Др Миладин Стефановић, редовни професор
Факултет инжењерских наука,
Универзитет у Крагујевцу

Издавач: **ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА**
34000 КРАГУЈЕВАЦ
Сестре Јањић 6

За издавача: *др Добрица Миловановић, редовни професор, декан*

Тираж: 200 примерака

Штампа: *СЗР ГЦ ИнтерПринт*

Copyright © Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2021.

Одлуком Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу бр. 01-1/4822-29 од 24.12.2020. године, ова
књига је одобрена да се штампа као основни универзитетски уџбеник.

ПРЕДГОВОР

Књига под називом „Производни системи“ намењена је пре свега студентима из области инжењерских наука, као и стручњацима из других области. Настала је пратећи развој парадигме производње, кроз еволуцију садржаја који су се односили на: (1) технологију машиноградње до краја седамдесетих година, (2) производне системе које је проф. др Милан Перовић установио на Машинском факултету у Крагујевцу почетком осамдесетих година 20-тог века, а које је касније са проф. др Славком Арсовским допунио са аспекта управљања *NC* и *CN* алатима, машинама и роботима. То је средином 80-тих година година представљало узор и за увођење овог предмета на другим Машинским факултетима у некадашњој Југославији. Тематске области одговарале су прелазу из садашњих концепата Индустије 2.0 и Индустије 3.0.

Средином 90-тих година прошлог века појавила се потреба да се садржај „Производних система“ иновира са већим уређењем информационих технологија, управљања трошковима, одржавањем, системима за планирање и управљање производњом и *CIM* системима, што практично обухвата концепт 4.0. Ова референтна књига аутора М. Перовића, С. Арсовског и З. Арсовски „издржала“ је до сада све промене које су се дешавале у овој области. У међувремену од проф. др Славка Арсовског предавања и вежбе су преузели и делимично иновирали проф. др Миладин Стефановић, доц. Др Александар Алексић и доц. Др Александар Ђорђевић. Ове промене су унете у ову најновију верзију књиге „Производни системи“ са истицањем нових парадигми и тематских области везаних за паметне/интелигентне производне системе у новом пословном субег и природном амбијенту. То се посебно односи на нове садржаје везане за менаџмент вредношћу, квалитет 4.0/5.0, управљање иновацијама, *resilience*, *Enterprise Resource Planning*. Кроз приручник за вежбе ће се додатно појаснити и истаћи други садржаји.

Нова књига под насловом „Производни системи“ је пред читаоцима. Они ће дати свој суд уважавајући брзи развој поменутих технологија и нове улоге производње као генератора социјалних иновација. Надамо се да неће бити потребно четврт века, као код прошле књиге, да дође до трансформације садржаја и приступа из области производних система и, кроз холистички приступ, интеграција у концепт Индустрије 5.0 и Друштва 5.0. Аутори се захваљују рецензентима проф. др Александру Вујовићу, проф. др Ненаду Симеуновићу и проф. др Миладину Стефановићу на техничкој подршци и реализацији овог уџбеника.

Јануар, 2021. година

Аутори

Садржај

	страна
Преглед слика	VII
Преглед табела	XV
Листа коришћених скраћеница, страних речи и израза	XVII
1 УВОД УПРАВЉАЊЕ СИСТЕМИМА	1
1.1 Системски приступ.....	2
1.2 Појам и врсте система.....	4
1.3 Организациони системи	8
1.4 Пословни и производни системи.....	10
1.5 Политика управљања и циљеви	16
1.6 Стратегија управљања и критеријуми управљања.....	19
Питања за обнављање градива	23
Литература	24
2 ОСНОВЕ ФУНКЦИОНИСАЊА ПРОИЗВОДНИХ СИСТЕМА	27
2.1 Функционисање производног система.....	28
2.2 Основни процеси у производном предузећу	29
Питања за обнављање градива	48
Литература	49
3. ИНФОРМАЦИОНИ СИСТЕМИ.....	51
3.1 Улога информационих система.....	52
3.2 Структура информационих система	60
3.3 Рачунарске мреже.....	73
Питања за обнављање градива	79
Литература	80

4	ПЛАНИРАЊЕ РЕСУРСА У ПРОИЗВОДНОМ СИСТЕМУ	81
4.1	Појам и преглед <i>ERP</i> система	82
4.2	Методe за управљање залихама на којима почива транзиција од <i>MRP I</i> до <i>ERP IV</i>	88
4.3	Циљеви <i>ERP</i> система.....	92
4.4	Архитектура <i>ERP</i> система	93
4.5	Имплементација <i>ERP</i> система	97
4.6	Имплементација <i>ERP</i> система у малим и средњим предузећима	99
4.7	<i>SAP S4/HANA ERP</i> систем.....	103
	Питања за обнављање градива.....	106
	Литература	107
5	КАПАЦИТЕТ ЗА ОПОРАВАК ПРОИЗВОДНИХ СИСТЕМА	109
5.1	Појам перформанси	110
5.2	Дефинисање кључних индикатора перформанси производних система	111
5.3	Капацитет за опоравак система.....	114
5.4	Дефинисање капацитета за опоравак производних система	116
5.5	Модел капацитета за опоравак производних система.....	118
5.6	Одређивање капацитета за опоравак производног система	122
5.7	Стратегије за унапређење капацитета за опоравак производног система.....	126
	Питања за обнављање градива.....	128
	Литература	129
6	МЕНАџМЕНТ ВРЕДНОШЋУ	133
6.1	Основни појмови.....	134
6.2	Модел продуктивности: вредност за производни систем	136
6.3	Модел анализе вредности (<i>VA</i>) производа.....	137

6.4	Модел инжењерства вредности (VE) и менаџмента вредности (VM)	140
6.5	Менаџмент вредношћу пројекта	149
6.6	Модел квалитета и вредности	152
	Питања за обнављање градива	154
	Литература	155
7	УПРАВЉАЊЕ РАЗВОЈЕМ ПРОИЗВОДА И ТЕХНОЛОГИЈА	157
7.1	Основне поставке развоја производа и технологија	158
7.2	Карактеристике развоја производа	161
7.3	Услови обликовања производа	163
7.4	Карактеристике односа производ – тржиште	165
7.5	Управљање развојем производа и технологија.....	167
7.6	Излазне информације из процеса развоја производа.....	174
	Питања за обнављање градива	177
	Литература	178
8	УПРАВЉАЊЕ СНАБДЕВАЊЕМ У ПРОИЗВОДНИМ СИСТЕМИМА	179
8.1	Подсистем логистике у производним системима.....	180
8.2	Подсистем набавке.....	182
8.3	Подсистем производне логистике и логистике складишта (снабдевања у ужем смислу)	184
8.4	Управљање залихама	187
	Питања за обнављање градива	200
	Литература	201
9	ПЛАНИРАЊЕ ПРОИЗВОДЊЕ И КОНТРОЛА.....	203
9.1	Основне функције планирања у производном систему.....	204
9.2	Анализа планирања производње и контроле.....	209
9.3	Припремна фаза и фаза планирања производње.....	211
9.4	Фаза контроле	219
	Питања за обнављање градива	226

Литература	227
10 ИНЖЕЊЕРИНГ ПРОИЗВОДЊЕ, ПРОСТОРНИ РАСПОРЕД И УПРАВЉАЊЕ АЛАТИМА	229
10.1 Основне карактеристике производних процеса.....	230
10.2 Серијност процеса.....	232
10.3 Продуктивност производних процеса.....	235
10.4 Просторно планирање производних система	237
10.5 Рачунаром подржано планирање производних процеса (CAPP).....	243
10.6 Управљање алатима, утицај врсте технолошког процеса на избор алата и планирање потреба алата	248
Питања за обнављање градива.....	251
Литература	252
11 МЕНАЏМЕНТ ПРОЦЕСИМА ПРОИЗВОДЊЕ И СКЛАПАЊЕ ПРОИЗВОДА	253
11.1 <i>Just - In - Time</i> и <i>Lean</i> концепт	254
11.2 Компјутером интегрисана производња (CIM концепт)	261
11.3 Агилна производња	269
11.4 Управљање процесима склапања и финалне монтаже	271
Питања за обнављање градива.....	273
Литература	274
12 МЕНАЏМЕНТ КВАЛИТЕТОМ	275
12.1 Дефинисање појма квалитета и еволуција квалитета у производним системима	276
12.2 Улога квалитета у производним системима.....	279
12.3 Менаџмент квалитетом у производним системима.....	285
12.4 Менаџмент квалитетом у процесима производних предузећа	290
Питања за обнављање градива.....	297
Литература	298

13 МЕНАЏМЕНТ ИНОВАЦИЈАМА	299
13.1 Увод у менаџмент иновацијама	300
13.2 Веза између производних система и креативне и културне индустрије - паметне иновације.....	307
13.3 Иновативност и паметна специјализација	311
13.4 Иновациони дистрикти и дигитални иновациони <i>hub</i> -ови	314
Питања за обнављање градива	320
Литература	321
14 ИНДУСТРИЈА 4.0 И ПРАВЦИ РАЗВОЈА ПРОИЗВОДНИХ СИСТЕМА.....	323
14.1 Потреба за унапређивањем.....	324
14.2 Индустија 4.0 и паметни производни системи	327
14.3 Изазови Индустије 4.0 и правци развоја	337
Питања за обнављање градива	344
Литература	345

Преглед слика

1 УВОД У ТЕОРИЈУ СИСТЕМА И УПРАВЉАЊЕ СИСТЕМИМА

Слика 1.1 Наука о системима и научне дисциплине које се баве различитим аспектима система

Слика 1.2 Општа структура система

Слика 1.3 Схема функционисања (организационих) система

Слика 1.4 Производни систем у оквиру пословног система

Слика 1.5 Везе између подсистема пословног система

2 ОСНОВЕ ФУНКЦИОНИСАЊА ПРОИЗВОДНИХ СИСТЕМА

Слика 2.1 Релације између подсистема у производном систему

Слика 2.2 Процеси менаџмента и лидерства у подсистемима пословног система (производног предузећа)

Слика 2.3 Процеси лидерства и менаџмента у производном предузећу

Слика 2.4 Процеси маркетинга и продаје

Слика 2.5 Процеси развоја нових/унапређења постојећих производа

Слика 2.6 Типични „силоси” развоја новог производа

Слика 2.7 – Идеалан агилан тим са размењеним ресурсима и типичним интерфејсима

Слика 2.8 Процеси набавке у производном предузећу

Слика 2.9 Процеси интерне логистике и транспорта

Слика 2.10 Процеси инжењеринга и планирања процеса производње

Слика 2.11 Процеси управљања алатима у производном систему

3. ИНФОРМАЦИОНИ СИСТЕМИ

Слика 3.1 Прикупљање података из подсистема и складиштење података у концептима пословања 2005. Године

Слика 3.2 Прикупљање података из подсистема и складиштење података у концептима пословања 2020. године

Слика 3.3 Матична плоча 2000

Слика 3.4 Матична плоча 2020

Слика 3.5 Фазе извршења инструкција у централној процесној јединици

Слика 3.6 Покретање персоналног рачунара

Слика 3.7 Рачунарске мреже

4 ПЛАНИРАЊЕ РЕСУРСА У ПРОИЗВОДНОМ СИСТЕМУ

Слика 4.1 *MRP II* поступак примене

Слика 4.2 Развој система за планирање ресурса

Слика 4.3 Типичан *ERP* пакет

Слика 4.4 Пример константне тражње

Слика 4.5 Пример линеарне тражње

Слика 4.6 Пример нелинеарне регресије

Слика 4.7 Пример стохастичке потрошње

Слика 4.8 Ограничења при управљању залихама

Слика 4.9 Делови *ERP* система

Слика 4.10 Поступак селекције *ERP* софтверских решења

Слика 4.11 Фазе планирања, развоја и увођења *ERP* система

Слика 4.12 Процес апстракције

Слика 4.13 Еволуција *SAP ERP* софтверских решења од *SAP R/1* до *SAP S4/HANA*

5 КАПАЦИТЕТ ЗА ОПОРАВАК ПРОИЗВОДНИХ СИСТЕМА

Слика 5.1 Модел капацитета за опоравак производног система

Слика 5.2 Модел стратегије за унапређење капацитета за опоравакж

6 МЕНАџМЕНТ ВРЕДНОШЋУ

Слика 6.1. Разграничење појмова

Слика 6.2 Врсте и класе функција

Слика 6.3 Повезивање трошкова производње и трошкова функција

Слика 6.4 VE у животном циклусу производа

Слика 6.5 Процеси за остваривање *DTV* и *DTC*

Слика 6.6. Процес стварања додатне вредности

Слика 6.7. Процес остваривања вредности за крајњег купца

Слика 6.8. Веза покретача вредности и креирања вредности

Слика 6.9 Усклађивање одговорности менаџмента за покретаче вредности

Слика 6.10. Матрица покретача вредности

Слика 6.11. Сензитивност покретача вредности

Слика 6.12. Портфолио утицаја на вредност и утицај менаџмента

Слика 6.13. Оцена вредности одрживости на пословање предузећа/производног система

Слика 6.14. Структура буџета за комплетирање пројекта

Слика 6.15. Праћење планиране вредности (*PV*) и стварних трошкова (*AC*) у времену

Слика 6.16. *Lean* концепт додатне вредности

7 УПРАВЉАЊЕ РАЗВОЈЕМ ПРОИЗВОДА И ТЕХНОЛОГИЈА

Слика 7.1 Фазе развоја инжењерства

Слика 7.2 Конкурентно инжењерство VS традиционално инжењерство

Слика 7.3 Карактеристичне фазе у току животног века производа

Слика 7.4 Повећање укупног прихода и животног циклуса производа развојем већег броја модификованих производа

Слика 7.5. Изглед карте производа

Слика 7.6 Интегрисање подсистема развоја

Слика 7.7 Доношење одлуке о новој технологији

Слика 7.8 Карактеристична зависност структуре програма производње (p_i) и количине производа (q_i)

Слика 7.9 Структура производа "А"

8 УПРАВЉАЊЕ СНАБДЕВАЊЕМ У ПРОИЗВОДНИМ СИСТЕМИМА

Слика 8.1 Подсистем логистике

Слика 8.2 Редослед пристизања делова до радног центра

Слика 8.3 Типови залиха према критеријуму топологије

Слика 8.4 Карактеристике система са узастопним базама

Слика 8.5 Класичан модел залиха

Слика 8.6 Систем континуалног улаза и излаза из базе

Слика 8.7 Карактеристичне величине при одређивању оптималне величине залиха

9 ПЛАНИРАЊЕ ПРОИЗВОДЊЕ И КОНТРОЛА

Слика 9.1 Модел планирања са више равни

Слика 9.2 Основне процеси планирања производње и контроле у складу са захтевима оквира *APQC*

Слика 9.3 Основне функције планирања производње и контроле

Слика 9.4 Модел функционисања подсистема производње и контроле и интеракције са другим подсистемима предузећа

Слика 9.5 Одвијање процеса по фазама у оквиру подсистема за планирање производње и контроле

Слика 9.6 Агрегатно планирање у производном систему

Слика 9.7 Одређивање термина према налозима и према капацитетима

Слика 9.8 Повезаност активности планирања и контроле производње

Слика 9.9 Активности контроле производње

10 ИНЖЕЊЕРИНГ ПРОИЗВОДЊЕ, ПРОСТОРНИ РАСПОРЕД И УПРАВЉАЊЕ АЛАТИМА

Слика 10.1 Структура производа А

Слика 10.2. Општи модел производње према структури производа А

Слика 10.3. Типови производних процеса

Слика 10.4 Структура *CNC* обрадног центра

Слика 10.5 Производна операција као процес трансформације материјала

Слика 10.6 Непрекидни процес реализован кроз узастопни низ фаза

Слика 10.7 Непрекидни процес реализован кроз паралелно постављене фазе

Слика 10.8 Производни процес са комбиновано постављеним фазама

Слика 10.9 Основни кораци у планирању производних процеса

Слика 10.10 Принципи планирања производње и утицај на конкурентност предузећа

Слика 10.11 Зависност цена алата од величине серије а) и зависност јединичних трошкова алата од величине серије б)

11 МЕНАѢМЕНТ ПРОЦЕСИМА ПРОИЗВОДЊЕ И СКЛАПАЊЕ ПРОИЗВОДА

Слика 11.1 Елементи (стубови) на којима је заснован *Lean* систем

Слика 11.2 Пет основних принципа *Lean*-а

Слика 11.3 Начин организовања производње применом *Kanban*-а

Слика 11.4 Управљање и организовање производње у *СИМ* концепту

Слика 11.5 Систем за аквизицију података

Слика 11.6 А/D конвертер

Слика 11.7 Архитектура *RFID* система

Слика 11.8 Склапање артикла А

12 ИНЖЕЊЕРИНГ ПРОИЗВОДЊЕ, ПРОСТОРНИ РАСПОРЕД И УПРАВЉАЊЕ АЛАТИМА

Слика 12.1 Ток фаза развоја система квалитета

Слика 12.2 Перспективе квалитета у ланцу стварања вредности

Слика 12.3. Петља квалитета

Слика 12.4 Шематски приказ елемената једног процеса

Слика 12.5 Приказ структуре међународног стандарда ISO 9001:2015 у *PDCA* циклусу

Слика 12.6 Веза између обезбеђења квалитета и планирања квалитета

Слика 12.7 Контрола квалитета у технолошком систему

13 МЕНАЦМЕНТ ИНОВАЦИЈАМА

Слика 13.1. Утицај интерних и екстерних фактора на менаџмент технологијама и иновацијама

Слика 13.2. Категорије иновација

Слика 13.4. Екстерне и интерне стратешке интеракције у менаџменту иновацијама

Слика 13.5. Нивои стратегије иновација

Слика 13.6. Анализа кључних потреба

Слика 13.7. Фаза вредновања и контроле иновација

Слика 13.8. Интеракције планирања, примене и вредновања и контроле

Слика 13.9. Кључни елементи у систему менаџмента иновацијама

Слика 13.10 - Релације између кључних врста креативности

Слика 13.11. Релације између сектора везаних за иновације

Слика 13.12 - „Точак“ стратегије креативности

Слика 13.13 – Ентитети “живих лабораторија”

Слика 13.14. Одлучивање у процесу дизајнирања *ID*-а

Слика 13.15. Интегрисани модел *ID/QoL*

Слика 13.16. Кључни елементи и услуге иновационог *hub*-а

Слика 13.17. Облици сарадње у ЕУ

14 ИНДУСТРИЈА 4.0 И ПРАВЦИ РАЗВОЈА ПРОИЗВОДНИХ СИСТЕМА

Слика 14.1 Развој *RFID* система у правцу Индустије 4.0

Слика 14.2 *IoT* као веза између интерних и екстерних процеса

Слика 14.3 Еволуција *IoT*-а

Слика 14.4 Основни модел Индустије 4.0

Слика 14.5 Технологије и уређаји за подршку *IoT*

Слика 14.6 Архитектура *SAP S4/HANA IoT* екстензије

Слика 14.7 *SAP ERP* модули

Слика 14.8 Верзије *SAP ERP* и *SAP S4/HANA* и употреба база података

Слика 14.9 *SAP S4/HANA* и употреба база података

Слика 14.10 Архитектура *SAP S4/HANA cloud* решења

Слика 14.11 Петља вредности информација

Слика 14.12 Компетенције за квалитет директно утичу на диференцирање и постављање вредности за друге улоге у систему *DM & D*

Слика 14.13 Нове дигиталне улоге за примену концепта Индустрија 5.0

Преглед табела

3. ИНФОРМАЦИОНИ СИСТЕМИ

Табела 3.1 Мерне јединице рачунарске меморије

Табела 3.2 Карактеристике OSI референтног модела

4. ПЛАНИРАЊЕ РЕСУРСА У ПРОИЗВОДНОМ СИСТЕМУ

Табела 4.1 Разлике између *ERP I*, *II*, *III* и *VI* система

Табела 4.2 Удео компанија на тржишту *ERP* система

5. КАПАЦИТЕТ ЗА ОПОРАВАК ПРОИЗВОДНИХ СИСТЕМА

Табела 5.1 Скала потенцијала капацитета за опоравак организације: опис и преглед модела

Табела 5.2 Модел капацитета за опоравак

Табела 5.3 Индикатори модела капацитета за опоравак у проиизводним системима процесне и прерађивачке индустрије

Табела 5.4 Оцењивање индикатора капацитета за опоравак у производном систему

14. ИНДУСТРИЈА 4.0 И ПРАВЦИ РАЗВОЈА ПРОИЗВОДНИХ СИСТЕМА

Табела 14.1 Могућности Индустрије 4.0 за трансформацију производа



Листа коришћених скраћеница, страних речи и израза

AI	енглески	<i>Artificial Intelligence</i> – Вештачка интелигенција
APQC	енглески	<i>American Productivity and Quality Center</i> – Амерички центар за продуктивност и квалитет
Augmented reality	енглески	Проширена реалност
AV	енглески	<i>Actual Cost</i> – Стварни трошкови
Benchmarking	енглески	Упоређивање различитих аспеката процеса са најбољом праксом
BSP	енглески	<i>Business System Planning</i> – Планирање пословних система
CAD	енглески	<i>Computer-aided design</i> – Рачунаром подржано конструисање (дизајн производа)
CAM	енглески	<i>Computer-aided manufacturing</i> – Рачунаром подржана производња
CAPP	енглески	<i>Computer-aided process planning</i> – Рачунаром подржано пројектовање технолошких процеса
CCIs	енглески	<i>Culture and Creative Industries</i> – Култура и креативна индустрија
Cellular layout	енглески	Распоред производних ћелија

CM	енглески	<i>Category Management</i> – Управљање набавком и категоријама производа
COTS ES	енглески	<i>Commercial of the Shelf Enterprise Systems</i> – Готова <i>ERP</i> решења за потребе производних система
CPI	енглески	<i>Cost Performance Index</i> – Индекс перформанси трошкова
Create flow	енглески	Стварање тока вредности
CRM	енглески	<i>Customer Relationship Management</i> – Управљање односима са купцима
CV	енглески	<i>Cost Variance</i> – Варијанса трошкова
DMA	енглески	<i>Direct Memory Access</i> – Директан приступ меморији
DSS	енглески	<i>Decision Support System</i> – Систем за подршку одлучивању
EAC	енглески	<i>Estimate At Completion</i> - Очекивани укупни трошкови завршетка свих радова
EAM	енглески	<i>Enterprise asset management</i> – Управљање целокупном имовином предузећа
EI	енглески	<i>Employee Involvement</i> – Укључивање запослених
ERP	енглески	<i>Enterprise Resource Planning</i> – Системи за планирање ресурса
Establish pull	енглески	Повлачење производа кроз целу производњу
ETC	енглески	<i>Estimate to Complete</i> – Трошак завршетка преосталог рада

EOQ	енглески	<i>Economic Order Quantity</i> – Економична количина поручивања
EPQ	енглески	<i>Economic Production Quantity</i> – Економична количина производње
EV	енглески	<i>Earned Value</i> – Зарађена вредности
Expert Systems	енглески	Експертни системи
Flexible manufacturing systems	енглески	Распоред флексибилних производних система
FMEA	енглески	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i> – Анализа ефеката и начина отказа
FTP	енглески	<i>File transfer protocol</i> – Протокол за пренос података
GST	енглески	<i>General System Theory</i> – Општа теорија система
HANA (SAP)	енглески	<i>High-Performance Analytic Appliance</i> – Аналитички уређај високих перформанси
Heijunka	јапански	Нивелација радног опетерећења
IEEE	енглески	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i> – Институт инжењера електротехнике и електронике
IoT	енглески	<i>Internet of Things</i> – Управљање стварима преко интернета
IS	енглески	<i>Information Systems</i> – Информациони системи
ISO	енглески	<i>International Organization for Standardization</i> – Међународна

		организација за стандардизацију
ISP	енглески	<i>Information Systems Planning</i> – Планирање информационих система
ISSP	енглески	<i>Information Systems Strategy Planning</i> - Стратешко планирање информационих система
IT	енглески	<i>Information Technology</i> – Информационе технологије
Jidoka	јапански	Квалитет на извору
JIT	енглески	<i>Just in Time</i> – Тачно на време
Kaizen	јапански	Континуална унапређења
Kanban	јапански	Систем управљања заснован на сигнаlima
KPI	енглески	<i>Key Performance Indicators</i> – Кључни индикатори перформанси
LAN	енглески	<i>Local Area Network</i> – Зона локалне мреже
Lean	енглески	<i>Lean</i> производња, приступ или производна филозофија
Loading	енглески	Распоређивање задатака или диспозиционирање
MAN	енглески	<i>Metropolitan area network</i> – Зона градске рачунарске мреже
Mapping the value stream	енглески	Одређивање тока вредности
MIS	енглески	<i>Management Information System</i> – Систем за управљање информацијама
MRP	енглески	<i>Material Requirements Planning</i> – Системи

		за планирање потреба материјала
Muda	јапански	Смањење/елиминација свих врста расипања (губитака)
MVA	енглески	<i>Market Value Added</i> – Додата вредност на тржишту
ORPS	енглески	<i>Organizational Resilience Potential Scale</i> – Скала потенцијала капацитета за опоравак организације
Outsourcing	енглески	Аутсорсинг, изнајмљивање или унајмљивање ресурса друге организације за обављање одређених пословних активности.
PLM	енглески	<i>Product Life Management</i> – Управљање животним циклусом производа
PPC	енглески	<i>Production Planning and Control</i> – Планирање производње и контрола
PPP	енглески	<i>Public-Private-Partnership</i> – Јавно-приватно партнерство
Productivity	енглески	Продуктивност
QoL	енглески	<i>Quality of Life</i> – Култура и креативна индустрија
RAM	енглески	<i>Random Access Memory</i> – Меморија са случајним приступом
Resilience	енглески	Капацитет за опоравак након наглог пада перформанси
Reverse logistics	енглески	Логистика пост-производње (реверзна логистика)
RFID	енглески	<i>Radio Frequency IDentification</i> -

		Радиофреквенцијска идентификација
ROM	енглески	<i>Read-Only Memory</i> – Меморија само за читање
ROR модел	енглески	<i>Relative Overall Resilience</i> – Модел за одређивање капацитета за опоравак организације
Routing	енглески	Одређивање производних операција
SaaS	енглески	<i>Software as a Service</i> – Софтвер као услуга
SAN	енглески	<i>Storage Area Network</i> – Мрежа за складиштење података
SAP	немачки	<i>Systeme, Anwendungen, Produkte in der Datenverarbeitung</i> – Системи, апликације и производи у обради података
SCE	енглески	<i>Supply Chain Execution</i> – Извршење ланца снабдевања
Scheduling	енглески	Одређивање термина
SCM	енглески	<i>Supply Chain Management</i> – Управљање ланцима снабдевања
Seek perfection	енглески	Тежња ка савршенству
SPC	енглески	<i>Supply Chain Planning</i> – Планирање ланца снабдевања
SSD	енглески	<i>Solid State Storage Device</i> – Полупроводнички диск
SVA	енглески	<i>Stakeholder Value Added</i> – Додата вредност за акционаре (заинтересоване стране)
TCP/IP	енглески	<i>Transmission Control Protocol/Internet protocol</i> - Протокол за контролу

		преноса/Интернет протокол
TPM	енглески	<i>Total Productivity Measurement</i> – Мерење укупне продуктивности
TPS	енглески	<i>Transaction Processing Systems</i> – Систем за обраду трансакција
TPS	енглески	<i>Toyota Production System</i> – Тојотин производни систем
TQC	енглески	<i>Total Quality Control</i> – Тотална контрола квалитета
TQM	енглески	<i>Total Quality Management</i> – Тотално управљање квалитетом
USB	енглески	<i>Universal Serial Bus</i> – Универзална серијска магистрала
VA	енглески	Value Analysis – Анализа вредности
VE	енглески	<i>Value Engineering</i> – Инжењерство вредности
WAN	енглески	<i>Wide Area Network</i> – Зона глобалне рачунарске мреже
OEE	енглески	<i>Overall Equipment Effectiveness</i> – Укупна ефективност опреме
TQM	енглески	<i>Total Quality Management</i> – Тотално управљање квалитетом



Поглавље 1.

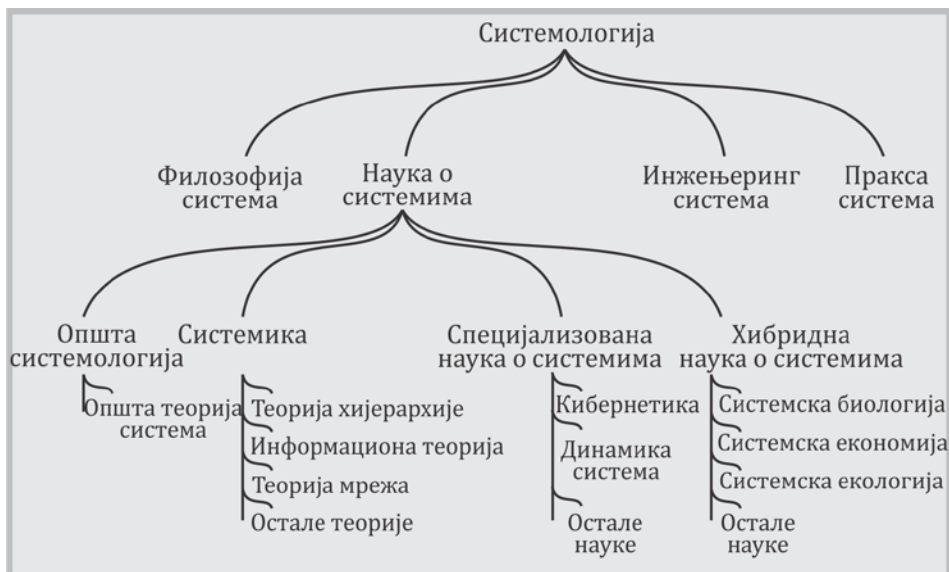
УВОД У УПРАВЉАЊЕ СИСТЕМИМА

Циљеви	Структура поглавља
После читања овог поглавља бићете оспособљени да:	
1. Објасните предмет изучавања и структуру организационих и производних система	1.1 Системски приступ 1.2 Појам и врсте система
2. Објасните зашто су организациони системи важни у пракси	1.3 Организациони системи
3. Објасните функционисање организационих система	1.4 Пословни и производни системи 1.5 Политика управљања и циљеви
4. Оцените улогу стратегије у производним системима	1.6 Стратегија управљања и критеријуми управљања

1.1 Системски приступ

Промене у свакодневном животу, науци и технологији условиле су постојање једине непроменљиве величине у пословању – потребе за константном променом (Hayes, 2018). Насупрот научној парадигми аналитичког приступа, средином двадесетог века развија се системски приступ који све феномене посматра као системе. Елементи система објашњавају се на основу њихових интеракција при функционисању целине система, а не обрнуто. Тако, на пример, систем "човек" не може функционисати ако се растави на саставне елементе (глава, руке, ноге итд.).

Током развоја науке, за потребе науке о системима, уведен је појам системологија (енгл. *systemology*) (Pouvreau & Drack, 2007) тако да је наука о системима класификована на адекватан начин (слика 1.1).



Слика 1.1 Наука о системима и научне дисциплине које се баве различитим аспектима система

Анализом слике 1.1 може се доћи до закључка да постоји већи број научних дисциплина које се баве изучавањем система.

Производни системи представљају продукт људског рада при чему је њихова комплексност сложена и подразумева примену интердисциплинарности и трансдисциплинарности.

Општа теорија система (енгл. *General System Theory - GST*) је наука која се бави изучавањем система, а заснована је на следећим основним постулатима (*Bertalanffy*, 1950): (1) Целина представља више од једноставног збира делова система, (2) при чему та иста целина карактерише природу дела; (3) делови се не могу разумети у потпуности ако се посматрају изоловано од целине и (4) они су међусобно динамички повезани и зависни.

Системски приступ (*Reynolds & Holwell*, 2010) подразумева употребу интердисциплинарности и трансдисциплинарности. Интердисциплинарност подразумева да се исти феномен анализира са различитих становишта науке. У том смислу, понашање особе може се посматрати са биолошког, социолошког, психолошког, или неког другог аспекта. Коришћење трансдисциплинарности уводи претпоставку да се границе између постојећих научних дисциплина превладају развојем нових идеја и унапређењем нових научних дисциплина, што делимично укључује и постојеће научне дисциплине.

У основи системског приступа је посматрање сваког феномена као целине која врши интеракцију са другим системима. У том смислу, када се користи системски приступ за решавање неког проблема подразумева се размишљање о сврси и циљевима и размишљање о функцијама помоћу којих се остварују циљеви. Може се рећи да системски приступ подразумева четири перспективе (*Reynolds & Holwell*, 2010): 1) ефикасност система, 2) научна перспектива, 3) друштвена перспектива и 4) антипланска перспектива.

Из **перспективе ефикасности система** потенцира се локализовање места на којима настају трошкови, губици и остали проблеми. Затим се уз употребу системског приступа врши отклањање идентификованих губитака, трошкова и осталих проблема.

Научна перспектива подразумева описивање система коришћењем одговарајућих модела. У овом приступу се врши

прорачун понашања модела у променљивим условима и анализа будућег понашања испитиваног система.

У **друштвеној перспективи** се доминантно испитује људска компонента система. Ово се односи доминантно на квалитет живота, друштвену слободу и најчешће се користи приликом изучавања друштвених и организационих система.

Антипланска перспектива потенцира приступ где нису потребни планови и могућност остварења истих. Ова перспектива имплицира да систем треба да се одржава у датим условима у складу са стеченим искуством и да не треба да тежи промени постојећег стања применом модела или на било који други начин.

Предност системског приступа, који је доминантан у теорији и пракси, је нарочито изражена ако је испитивани феномен добро структуриран.

1.2 Појам и врсте система

Може се рећи да је између системског приступа и самог система тешко повући границу јер се врсте система и сам појам система заснивају на системском приступу и обрнуто. Системски приступ имплицира постојање одређеног система чије су основне карактеристике комплексност и међузависност елемената. Потпуна одређеност појма систем се и даље истражује, при чему се основне карактеристике система изражавају на следећи начин (*Rousseau et al.*, 2018):

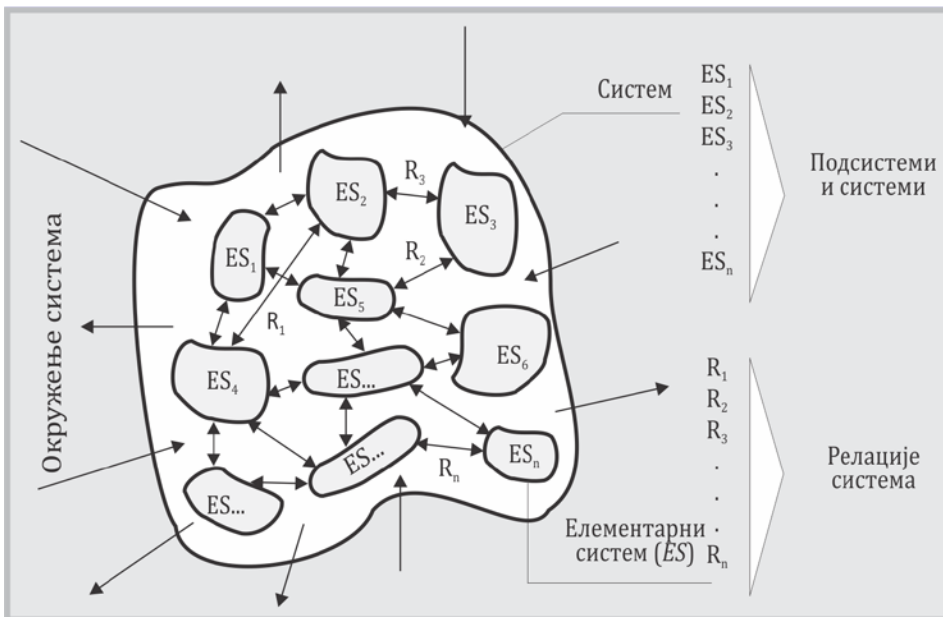
- Систем је скуп подсистема, односно међузависних елемената,
- У оквиру једног система подсистеми су међузависни, а могу остваривати везе и са подсистемима других система,
- Сама међузависност подсистема у оквиру једног система је дефинисана на унапред постављеним принципима и критеријумима.

Из наведеног се може закључити да систем у себе укључује скуп подсистема (ентитета) са релацијама између тих подсистема и

њихових атрибута. Подсистеми и елементарни системи (ES_1, \dots, ES_n) су елементи система и називају се још ентитети, а атрибути представљају особине система (Perović et al., 1996), док релације (R_1, \dots, R_n) повезују систем у целину (слика 1.2).

Систем се може дефинисати као комплексни динамички ентитет идентификован у одређеном времену и простору, који се састоји из одређеног броја повезаних делова или подсистема и има могућност адаптације у односу на захтеве окружења (Wright, 1989).

При томе, може постојати коначан број (n) подсистема који представљају елементарне системе (ES) и коначан број (m) релација помоћу којих се врши интеракција између тих подсистема и између подсистема и окружења.



Слика 1.2 Општа структура система

Из наведеног, могу се извести основне карактеристике система:

- 1) **једнозначна идентификација** – дефинисане су границе система и систем се може означити као скуп одређених делова; притом систем није случајан скуп делова већ он суштински представља једнозначно идентификован скуп ентитета,

- 2) **комплексност** – ова карактеристика подразумева да се систем састоји од већег броја сложених делова,
- 3) **динамичност** – може се констатовати да је систем у непрекидном кретању и да његови елементи успостављају нове везе и интеракције између подсистема, при чему се интензитет тих веза мења током времена,
- 4) **постоји као ентитет** – систем се посматра као ентитет који обухвата раздвојиве елементе, подсистеме или чињенице; ентитет може бити општи или специфичан,
- 5) **структурна сложеност** – систем може бити подсистем неког већег система, при чему исти поседује сложену структуру која је променљива током времена,
- 6) **зависност** – подсистеми једног система могу да функционишу као директно или индиректно зависни ентитети,
- 7) **стабилност** – подразумева се да систем поседује структуру која обезбеђује трајну стабилност посматраног система,
- 8) **адаптивност** – подразумева се да систем поседује особину сталне адаптације на спољашње утицаје.

Основе за анализу и управљање системима (*Bertalanffy, 1950*) даје општа теорија система уз увођење одређених претпоставки. Једна од основних претпоставки опште теорије система јесте **циљна усмереност система**, што подразумева да је исти оријентисан ка остварењу унапред задатих циљева или сврхе. Помоћу унапред дефинисаног циља остварује се веза са окружењем или субординираним системом и оцењује се рационалност понашања у датим условима. Током функционисања подразумева се да систем поседује особину **целовитости (холизам)** па се делови система морају посматрати у склопу целине система. Систем се састоји из подсистема који су уређени према принципу **хијерархије**. Систем зависи од ресурса који се обезбеђују из окружења. С друге стране, систем утиче на окружење преко својих излаза. С обзиром на то да систем претвара **улазе у излазе**, може се рећи да систем врши трансформацију улазних елемената у излазне елементе. Притом, систем користи и/или производи **енергију**. Уколико се континуално не обезбеђују улази и енергија систем тежи ка сопственој дегенерацији тј. степен

неуређености система (**ентропија система**) има тенденцију раста. заједничка особина отворених система јесте **еквифиналност**. То значи да се остваривање циља може постићи на различите начине, што укључује промену улаза, структуре и у неким случајевима структуре циљева, ради остварења оптималне стратегије за постизање циљева. Укупна вредност тј. дејство система је већа од збира вредности компонената система, што представља синергију дејства подсистема.

Узимајући у обзир комплексност системологије, може се рећи да постоје различити начини поделе система према различитим критеријумима (*Espejo & Reyes, 2011*). Једна од општих је подела на:

- **природне системе** – они настају и функционишу у оквиру закона природних појава и без утицаја човека (геолошки или биолошки системи).
- **техничке системе** – ови системи настају непосредним или посредним деловањем човека. Често имају карактеристике природних система, као што су стабилност, адаптивност, целовитост и сл.
- **организационе системе** – они поседују и природне и техничке елементе и организују се за остварење одређеног циља. Подсистеми ових система могу бити природни и технички системи.

Поред ове поделе, критеријуми поделе система могу бити:

- **структура** (прости и сложени системи),
- **промене у времену** (статички и динамички системи),
- **могућност одређења у времену** (детерминистички и недетерминистички системи),
- **однос са околином** (отворени и затворени системи).

Сложеност система није једноставно одредити. Она се може анализирати у односу на саму структуру система и комплексност функције управљања истом тако да условно речено постоје **прости системи и сложени системи**.

Статички системи у пракси не функционишу из разлога што већина истраживача третира ове системе као системе без управљања.

Динамички системи су они чије се стање мења у току времена, услед активности управљања. Током промене стања дешава се пренос и трансформација енергије, материјала и знања између елемената система.

Детерминистички системи су они системи код којих је у сваком тренутку могуће одредити стање система. То значи да се будуће стање система може одредити у зависности од улазних елемената и управљачких активности, нпр. технички системи. **Недетерминистички (стохастички) системи** представљају системе код којих се тренутно (познато) стање система трансформише у једно из скупа могућих стања при дејству управљачке силе. Могућа стања у већини случајева управљач не може предвидети (нпр. природни системи).

Отворени системи су они који врше размену материје, енергије или информација са околином, при чему та размена утиче на особине и понашање система. Може се сматрати да је већина система оваква, укључујући и организационе системе. **Затворени системи** су они који не врше размену материје, енергије или информација са околином. Такви су на пример неки технички системи уз одређене апроксимације.

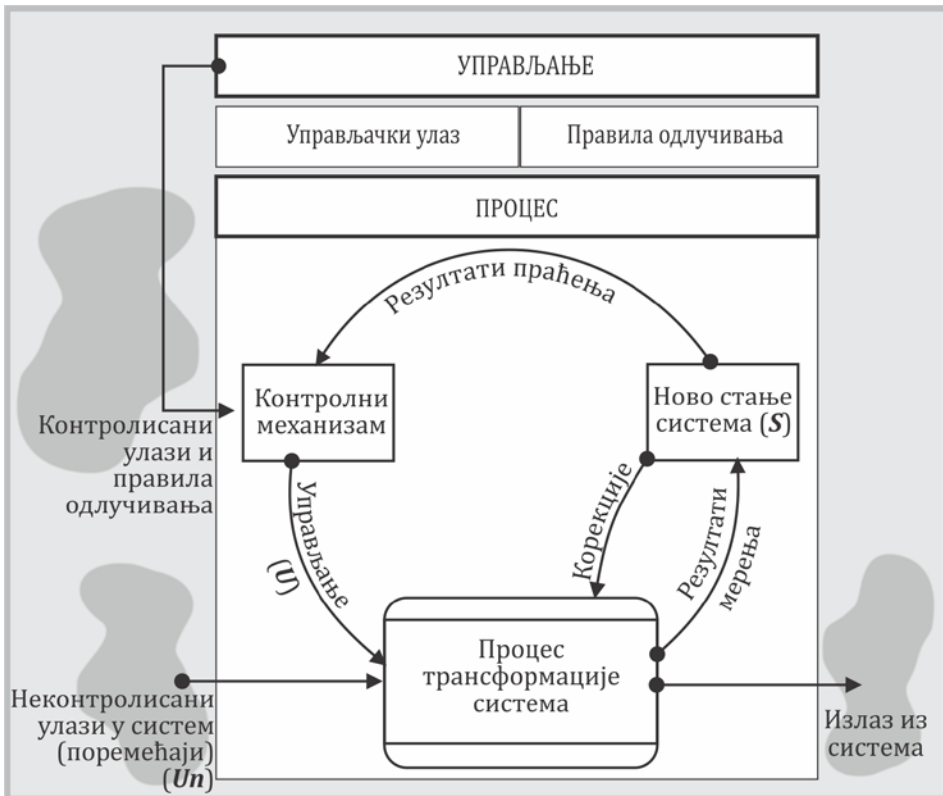
Реални системи представљају материјалне системе састављене од реалних елемената и веза између њих. Примери ових система су сви привредни системи. **Апстрактни системи** представљају тип нематеријалних система, при чему су то формални мисаони и идејни системи којима се описују реални системи.

1.3 Организациони системи

Организациони системи обухватају све тековине људског рада кроз историју које је он створио као организатор живота и друштва (*Bertalanffy*, 1950) па је тако, према циљу њиховог постојања, исте могуће поделити на:

- моралне - њиховим функционисањем се успостављају и одвијају односи између људи,

- инструменталне - њихова намена је да послуже као инструмент некој људској активности (нпр. наука и уметност) и
- материјалне организационе системе (слика 1.3) – њихово функционисање се обавља на основу контролисаних улаза и правила одлучивања из окружења и излаза из система, материјалних елемената и веза између њих.



Слика 1.3 *Схема функционисања (организационих) система*

Притом, помоћу управљања (U) врши се процес трансформације система и достиже се ново стање (S). Процес трансформације могу да ометају неконтролисани улази у систем (Un). У ову групу спадају и пословни и производни системи. Заједничко за све организационе системе је да функционишу тако што је у њих инкорпориран бар један организациони или биолошки систем. Њихово функционисање је условљено постојањем система управљања, при чему је њихова

основна карактеристика управљање према циљу који је унапред задат. Уколико се посматра производно предузеће, као систем, његов примарни циљ је остваривање профита. Да би се остварио овај циљ, подсистеми предузећа морају да остварују сопствене циљеве који се изводе из примарног циља.

Циљ система представља жељени подскуп у простору излаза система. Циљ система је у већини случајева релативно тешко исказати, а исти се дефинише на одређено или неодређено време.

1.4 Пословни и производни системи

Пословни системи функционишу ради остварења циљева у оквиру макро економских система, као што су индустријски системи, привредни системи и на највишем нивоу друштвени пословни системи. Друштвени пословни систем дефинисан је као скуп међусобно повезаних структура и институција у различитим сферама економског и друштвеног живота који се комбинују како би створио образац организовања економске активности на нивоу државе (*Whitley, 1999*).

Предмет изучавања у овој књизи јесте посебна група организационих система, који се називају **производни системи**. Теоретски, било који пословни систем има структуру тако да се састоји из управљачког подсистема, извршног подсистема и информационог подсистема (*Newell, 1973*). Посебну групу пословних система чине они који су доминантно оријентисани ка производњи, па се у литератури често називају производно-пословни системи или производни системи. У овој књизи су производни системи идентификовани као извршни подсистеми пословног система, при чему се:

- производни систем у ужем смислу речи односи на чисто производне функције,
- производни системи у ширем смислу речи односи и на део развојних, управљачких, логистичких функција, комерцијалних и функција подршке.

С обзиром на то да припадају групи организационих система, основне карактеристике пословних и производних система су (слика 3):

- отвореност - значи да на њихово понашање утиче окружење при чему је размена енергије, материје и знања са окружењем услов опстанка система,
- континуалност функционисања - остварује се преко сталног обезбеђења улазних елемената из окружења, њиховом трансформацијом у излазне елементе и предајом излазних елемената окружењу,
- структура система - одређује се кроз већи број подсистема и
- изградња система - представља резултат организовања активности система.

Имајући у виду то да је пословни систем појам који се односи на све системе који учествују у остварењу циљева у макро економском систему независно од своје величине, у овој књизи се надаље разматра производно предузеће које функционише као ентитет у индустрији – **индустријско производно предузеће**.

У циљу анализе и унапређења пословних активности производних система често се користе модели.

Појам модел се заснива на постојању сличности између реалног (система који се описује) и апстрактног (упрошћеног система) (*Wielinga et al., 1993*). У реалним условима пословни процеси имају велики број променљивих величина па их је тешко идеално описати и издвојити све величине на које се може деловати и којима се може управљати. Из наведених разлога, развијају се модели који представљају апроксимацију реалног стања при чему важи сличност између реалног система и модела која се огледа у структури, у физичким карактеристикама или у сличности у понашању.

У случају да се искључе из посматрања оне величине система које нису битне за управљање, добија се модел система. Између реалног система и модела, у овом случају, важи релација да једном стању система одговара само једно стање модела. Упрошћени систем се назива хомоморфни модел система. Хомоморфни модели се описују

математичким изразима који представљају **математички модел система**. Облици математичких модела могу бити представљени једначинама, рекурентним релацијама, графовима, итд. До математичких модела може се доћи уопштавањем експерименталних података, математичким изразима понашања система, или кроз оригиналну синтезу међусобне зависности променљивих у систему (Sands, 2017):

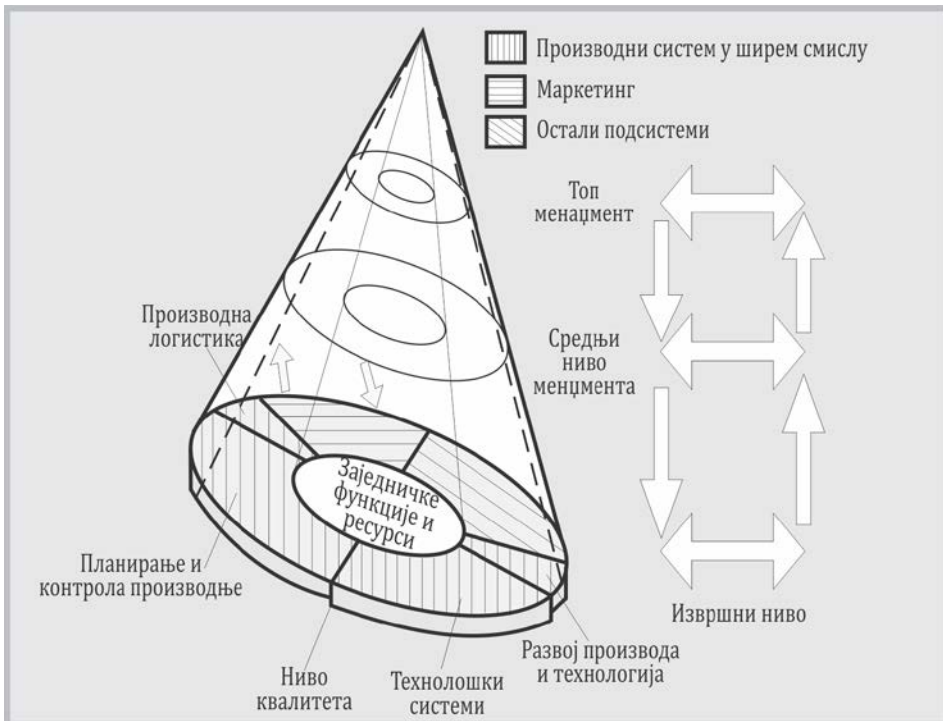
- улаза,
- управљања,
- стања и
- излаза.

Са аспекта функционисања, када се представи као модел система, производно предузеће се може посматрати као интеракција већег броја подсистема где се у најужем смислу могу издвојити производни систем у ширем смислу, подсистем маркетинга и подсистем финансија чија се међусобна интеракција ради остварења циља одвија кроз менаџмент система (Stevenson, 2017). Уколико се овај облик апстракције прошири, може се добити модел производног предузећа у облику купе (слика 1.4) где се управљање врши преко подсистема управљања (Перовић, 1996). Средишњи део основе купе чине заједнички подсистеми и ресурси (информациони систем, подсистем финансија и рачуноводства, управљање људским ресурсима, систем здравља и заштите на раду, систем правних и општих послова, систем обезбеђења предузећа).

Обод купе чине подсистеми производног система и маркетинга којим се реализује интеракција са тржиштем и крајњим купцима:

1. **Подсистем маркетинга,**
2. **Подсистем развоја** (стратегички развој, развој производа и технологија),
3. **Подсистем логистике,**
4. **Подсистем планирања** (на нивоу производног система),
5. **Производни систем у ужем смислу** (технолошки систем).

Висина купе подељена је на три нивоа управљања при чему је извршена подела на извршни ниво, средњи ниво управљања и ниво топ менаџмента. Сваки ниво управљања је повезан са осталим по вертикали, тако да постоји и координација пословних активности између основних подсистема. То је приказано стрелицама у хоризонталном и вертикалном правцу.



Слика 1.4 Производни систем у оквиру пословног система (Перовић *et al.*, 1996)

Улазни елементи у пословни систем долазе преко маркетинга, а излазни елементи се остварују преко функција продаје и постпродаје. Купци могу бити заинтересовани за постојеће производе али исто тако може постојати потреба да се тржиште задовољи новим производом. Због тога постоји подсистем истраживања и развоја производа и технологија који представља део улазних елемената у производни систем у ужем смислу.

Производни систем у ширем смислу обухвата иновације и развој производа и технологија (делимично или у потпуности), планирање на нивоу производног система, технолошки систем и део производне логистике (набавке, снабдевања и интерног транспорта).

Технолошки систем (производни систем у ужем смислу) обухвата: инжењеринг и дефинисање процеса производње, непосредни процес производње (основни технолошки процес), подсистем одржавања, подсистем управљања алатима и подсистем контроле квалитета у производњи.

Подсистем инспекције и тестирања (контрола квалитета) идентификован је на крају процеса производње али је важно напоменути да се захтеви квалитета (Арсовски, 2016) уграђују у остале подсистеме, што је графички представљено цилиндром чија се основа поклапа са основом купе представљене на слици 1.4. Уколико је ниво квалитета сваког подсистема једнак, сваки сегмент ће имати исту висину и замишљени цилиндар ће бити уједначен што у пракси значи да ће пословни систем бити стабилан. Поред тога, менаџмент квалитетом је могуће применити на све аспекте пословања што се оперативно постиже имплементирањем концепта тоталног управљања квалитетом (енгл. *Total Quality Management - TQM*).

На слици 5 приказана је веза наведених подсистема. У пракси, у једном производном предузећу постоји велики број интеракција између ових подсистема. Све интеракције се остварују у циљу обављања функције система и све интеракције имају своју сврху.

На слици 1.5 су поред извршног подсистема (производни систем у ширем смислу) приказани управљачки подсистем (активности менаџмента и лидерства) и информациони подсистем. Један од циљева сваког производног предузећа јесте да оптимизује интеракцију између својих система. Један од начина за то је стварање документације квалитета и одговарајућих процедура где се све интеракције описују и документују. Након тога, могуће је извршити анализу свих активности и предложити мере за унапређење и оптимизацију.

1.5 Управљање, политика управљања и циљеви

Управљање се може дефинисати као скуп активности којима се делује на дати систем у циљу постизања унапред задатог циља (*Rasmussen, 1985*). Притом је основни проблем управљања избор најповољније активности из скупа могућих управљачких активности. То значи да у случају непостојања избора не постоји ни управљање. Само управљање се спроводи у две фазе:

- планирање управљања и
- спровођење управљања.

Само управљање је састављено од три компоненте:

- процеса којим се управља,
- информација помоћу којих се управља и
- људских ресурса који управљају.

У хијерархији управљања на највишем нивоу се налази управљачки подсистем пословног система – топ менаџмент. На средишњем нивоу се налази управљачки подсистем производног система – средњи ниво менаџмента, док се на најнижем нивоу врши управљање пословним процесима, тј. оперативно управљање.

У савременим концептима организационе структуре постоји тежња ка тзв. равнањем структуре (*Li, 2016*), па се онда одређене активности средњег нивоа менаџмента припајају активностима топ менаџмента или оперативног менаџмента.

Политика управљања представља скуп правила и принципа на основу којих се врши одлучивање и планирају активности. Политика је важна за рад производних система и предузећа зато што омогућава усмеравање пословних активности ка дефинисаном циљу. Када се политика односи на производно предузеће, као пословни систем, назива се пословна политика. Под појмом пословна политика мисли се на стабилно понашање предузећа у остваривању циљева, тј. усмеравање пословања на конзистентан начин, у циљу постизања

пословних циљева. Имајући у виду наведено, може се рећи да пословна политика представља основу за доношење пословних одлука којима се покрећу и усмеравају активности потребне за остварење **мисије** и **визије**.

Пословна политика (*B'far et al., 2017*) почива на планским одлукама у смислу унапред дефинисаних ставова по питањима функционисања производног предузећа. Пословне политике се формулишу за активности од посебног значаја за пословни систем и/или његове подсистеме. На тај начин пословна политика представља став који усмерава пословне одлуке. **Ставови** у суштини представљају реакцију на одређене аспекте средине. На тај начин се може описати веза између циљева и политике, јер циљеви описују оно шта се тражи, а политика описује главне аспекте или ограничења у реализацији пословања.

Циљеви представљају прву планску одлуку о стању или ситуацији како којој је усмерена планска активност. При томе, пословне политике усмеравају одлучивање, тако да свака пословна одлука буде конзистентна са утврђеним циљевима. Након дефинисања политике олакшан је процес израде планова и програма. Може се рећи да се у исто време у плановима и програмима проверава рационалност, сврсисходност и конзистентност политике. Важно је нагласити да у савременим условима, уз присуство глобализације, пословна политика треба да буде флексибилна у смислу уочавања промене и адаптације на настале промене у окружењу

Планирање представља процес доношења планских одлука о циљевима, политикама, стратегијама, програмима и плановима. Циљеви настају из мотива функционисања предузећа у економској, технолошкој и социјалној сфери. Може се рећи да се мотиви функционисања артикулишу кроз мисију предузећа.

Мисија представља примарну улогу коју предузеће добија из свог окружења. У том смислу, предузеће има своје особености и сврху (мисију) пословања, која нема временско ограничење. За разлику од мисије предузећа, циљеви воде предузеће у жељено стање до којег се долази након реализације планских одлука и акција. На тај начин

циљеви изражавају **визију** предузећа у будућности. Након дефинисања циљева, исти постају критеријум рационалности планских одлука, при избору оптималних праваца деловања.

Имајући у виду да предузеће представља динамички систем који функционише у реалном времену, треба имати у виду да циљеви поседују временску и просторну димензију. Резултати планирања за остварење циљева јесу плански задаци. Они представљају операционализацију циљева, што подразумева остварење одређене активности у дефинисаном временском интервалу. Због тога се плански задаци задају тако да буде јасно и прецизно дефинисан резултат који је усмерен на интерне активности у предузећу.

Због објашњене улоге циљева у функционисању предузећа, исте није пожељно френкфентно мењати. То се објашњава чињеницом да циљеви поред усмеравања активности предузећа омогућавају интегрисање свих токова који воде ка пројектованом стању или ситуацији. Све друге активности су усмерене и ослањају се на циљеве. У том смислу, плански задаци даље разрађују циљеве, који теоретски могу бити **економски, социјални и етички**. Ова подела се може извршити и на индивидуалне и групне циљеве запослених и јединствене циљеве предузећа. Важно је напоменути да сви циљеви треба да буду међусобно усклађени и комплементарни. У пракси ово често није случај, па је потребно радити на унапређењу корпоративне културе и кохезије запослених. У сваком предузећу практично постоји један скуп циљева које треба уредити у систем са хоризонталном и вертикалном структуром. У структури циљева потребно је дефинисати њихов приоритет, тако да секундарни циљеви воде ка остварењу примарних циљева.

Као **основни циљеви** функционисања предузећа могу се идентификовати: добит, раст и развој предузећа, обим реализације, новостворена вредност, унапређење положаја у ланцу снабдевања, повећање учешћа на тржишту, стабилни односи са крајњим купцима и добављачима, итд.

Као **економски циљеви** предузећа могу се идентификовати: ликвидност, коефицијент обрта капитала, продуктивност,

рентабилност, повећање репродукционе и акумулационе способности, итд.

Као **социјални циљеви** могу се идентификовати: повећање запослености, унапређење нивоа образовања запослених, повећање зарада запослених, итд.

Као **етички циљеви** могу се идентификовати: друштвена и корпоративна одговорност, савесно, поштено и потпуно преузимање и извршавање обавеза и одговорности, чување пословних тајни, итд.

Заједничко за све циљеве јесте да мора бити одређена одговорност ко их остварује, при чему су циљеви јасно дефинисани, мерљиви, реалистични и временски дефинисани. У складу са дефинисаним циљевима, формира се стратегија управљања и критеријуми управљања.

1.6 Стратегија управљања и критеријуми управљања

Стратегија је настала у војној терминологији, при чему се може рећи да она представља разраду основа употребе различитих видова оружаних снага и координацију њихових активности ради постизања јединственог војно-политичког циља. У домену пословања важе сличне аналогије јер не постоје поуздане информације о способности и намерама конкурентских предузећа, а активности предузећа производног система потребно је координирати у времену и простору. Може се видети да стратегија зависи од способности предвиђања будућег стања које следи из садашњих активности.

У ширем смислу, стратегија преставља основну управљачку одлуку која обухвата циљеве пословне политике и начине њиховог реализовања. У ужем смислу, стратегија представља планску одлуку којом се дефинишу основни начини остваривања циљева производног предузећа. Успех стратегије управљања у великој мери зависи од обезбеђења синергијског ефекта у активностима производног предузећа.

У теорији (*Besanko et al., 2009; Slack & Brandon-Jones, 2018*) и пракси може се идентификовати већи број различитих класификација стратегије:

1. стратегија која се односи на постизање задовољења једног од основних циљева предузећа-повећање учешћа на тржишту. Реализација ове стратегије подразумева додатна финансијска улагања.
2. стратегија која се односи на задржавање постојећег учешћа на тржишту. Она се примењује у случају када је тржиште у експанзији.
3. стратегија која се односи на постизање економског циља повећања репродукционе и акумулационе способности кроз боље коришћење пословних ресурса.
4. стратегија која се односи на усмеравање активности предузећа на одређене сегменте тржишта у случајевима када се дешава контракција тржишта.
5. стратегија која се заснива на промени оријентације предузећа на нове производе и тржишта.
6. стратегија која се заснива на ликвидацији, тј. обезбеђењу што већег прилива финансијских средстава пре него што се обустави пословање.

У пракси, примена сваке стратегије је временски ограничена и односи се на специфичности окружења система. Да би се остварили циљеви постојања система користи се стратегијско планирање. Важна карактеристика стратегијског планирања јесте да се ти планови односе на дужи временски период, али нису сви дугорочни планови у неком производном предузећу уједно и стратегијски планови. У том смислу, важно је нагласити да се планови стратегијског карактера односе на целокупну организацију предузећа, као и на програме и пројекте којима се остварују специфични циљеви предузећа.

Стратегијско планирање има за циљ да даје одговоре на питање (*Drucker, 2007*): "шта би требало да буде?". Узимајући потребе тржишта и промене у понашању крајњег купца, полази се од тога да се

пословне активности морају континуално мењати. Један од основних задатака стратегијског планирања јесте да се позабави питањем: "шта треба урадити сада да би се сутра остварили циљеви?". Одговор на ово питање добија се кроз координисане тимске активности менаџмента предузећа и стручњака из осталих подсистема, а пре свега маркетинга, развоја производа и технологија, производње, логистике, продаје, при чему се могу ангажовати и стручњаци из окружења предузећа.

Током периода развоја стратегије тржиште се посматра као познато, тако да стратегија треба да омогући адаптацију и брзо реаговање на потребе тржишта. Истовремено, управљање стратегијом има за циљ остварење конкурентске предности при чему се управља свим расположивим средствима предузећа у циљу креирања будућег стања. Другим речима, производно предузеће као пословни систем мора да утиче на своје окружење. У том смислу, потребно је да се одреде области на које се може утицати (нпр. купци и добављачи) и оне којима се мора прилагођавати (нпр. национално законодавство). Период развоја стратегије треба да омогући адекватно стратегијско управљање. Између активности управљања и планирања увек је потребно дефинисати повратну спрегу јер су ове активности континуалне и међусобно повезане. Помоћу повратне спреге могуће је предузети корективне мере у планирању, што је јако битно у домену настанка промена на тржишту, захтева стејкхолдера, законских елемената и сл.

Помоћу управљања, менаџмент предузећа треба да оствари задати циљ помоћу изабраних управљачких акција. Одређивање најбољих управљачких акција представља посебан проблем који се изучава у теорији.

Критеријум управљања одређује квалитет управљања. На тај начин, исти представља меру за одабир оптималне варијанте управљања, односно управљачке акције. За посматрани систем, или предузеће, критеријум се формира на основу техничких, економских или неких других захтева. На пример, за један производни систем критеријум може бити добит у дефинисаном временском интервалу. Када постоји више критеријума, могуће је дефинисати релативну

важност сваког јер она не мора бити иста. Могући начини решавања овог проблема подразумевају вишекритеријумску анализу и оптимизацију. У том домену је битно одредити критеријуме управљања.

Ограничења представљају елемент управљања којим се ограничава понашање координата система. То значи да се одабир управљања врши из унапред задатог скупа управљачких акција.

У циљу остварења своје сврхе постојања, пословни и производни системи треба да покажу отвореност у интеракцијама са својим окружењем. То је посебно значајно јер затворени системи теже ка порасту ентропије, тј. потпуном нередом. Да би се ефекат настанка ентропије умањио или да би ентропија почела да опада, системи треба да буду отворени. У тим условима могуће је унапредити организованост система и омогућити успешнију реализацију циљева. У складу са наведеним, може се рећи да информација мери сређеност и структуру или деловање система, његову физичку вероватноћу. При томе, **информација** јесте показатељ колико се деловање разликује од хаоса (*Shanon, 1948*) и представља меру уређености организационих система.

Питања за обнављање градива

1. Објаснити системски приступ помоћу четири перспективе које подразумевају: 1) ефикасност система, 2) научну перспективу, 3) друштвену перспективу и 4) антипланску перспективу.
2. Објаснити појам система и навести врсте система.
3. Које групе организационих система постоје ако се узму у обзир циљеви њиховог постојања?
4. Скицирати и објаснити схему функционисања (организационих) система?
5. Каква може бити сличност између модела система и реалног модела?
6. Објаснити шта подразумева Управљање системима.
7. Дефинисати везу између политике управљања и циљева у једном производном предузећу.
8. Објаснити везу између мисије и визије у једном производном предузећу.
9. Шта подразумева стратегија управљања?
10. Шта је критеријум управљања?

Литература

1. BERTHALANFFY, Ludwig von. The theory of open System in physics and biology. *Science*, Vol. 111, Issue 2872, 1950, str. 23-29, ISSN 1095-9203.
2. BESANKO, David, DRANOVE, David, SHANLEY, Mark, SCHAEFER, Scott, *Economics of strategy*. John Wiley & Sons, Danvers, MA, USA, 2009, ISBN 978-0-470-37360-6.
3. B'FAR, Reza, et al. *Techniques for semantic business policy composition*. U.S. Patent No 9,672,478, 2017.
4. CHECKLAND, Peter, Systems thinking, systems practice: includes a 30-year retrospective. *Journal-Operational Research Society*, Vol. 51, No. 5, str. 647-647, 2000, ISSN 0160-5682.
5. DRUCKER, Peter F., *Management: Tasks, responsibilities, practices New York*. NY Harper Collins Publishers, New York, NY, USA, 2007, ISBN 978-1-412-80627-5.
6. ESPEJO, Raul; REYES, Alfonso, *Organizational systems: Managing complexity with the viable system model*. Springer Science & Business Media, 2011, ISBN 978-3-642-19108-4.
7. GEREFFI, Gary, Global commodity chains: new forms of coordination and control among nations and firms in international industries. *Competition & Change*, Vol. 1, No. 4, 1996, str. 427-439, ISSN 1024-5294.
8. HAYES, John, The theory and practice of change management. Palgrave, London, UK, 2018, ISBN 978-1-352-00123-5.
9. LI, Pei; LU, Yi; WANG, Jin, Does flattening government improve economic performance? Evidence from China. *Journal of Development Economics*, 2016, Vol. 123, Str. 18-37, ISSN 0304-3878.
10. NEWELL, Allen, Production systems: Models of control structures. In: *Visual information processing*. Academic Press, 1973. str. 463-526, eBook ISBN: 978-1-483-26087-7.
11. POUVREAU, David; DRACK, Manfred, On the history of Ludwig von Bertalanffy's "General Systemology", and on its relationship to

- cybernetics: Part I: elements on the origins and genesis of Ludwig von Bertalanffy's "General Systemology". *International Journal of General Systems*, 2007, Vol. 36, No. 3, str. 281-337.
12. RASMUSSEN, Jens, The role of hierarchical knowledge representation in decisionmaking and system management. *IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics: Systems*, 1985, Vol. 2, str. 234-243, ISSN 2168-2216.
 13. REYNOLDS, Martin; HOLWELL, Sue (ed.), *Systems approaches to managing change: a practical guide*. Springer Science & Business Media, London, UK, 2010, ISBN 978-1-84882-808-7.
 14. ROUSSEAU, David, et al., *General systemology: Transdisciplinarity for discovery, insight and innovation*. Springer, London, UK, 2018, ISBN 978-981-10-0891-7.
 15. SANDS, Timothy, Nonlinear-adaptive mathematical system identification. *Computation*, 2017, Vol. 5, No. 4, str. 47, ISSN 2079-3197.
 16. SHANNON, Claude E., A mathematical theory of communication. *The Bell system technical journal*, Vol. 27, No. 3, str. 379-423, 1948, ISSN 1089-7089.
 17. SLACK, Nigel; BRANDON-JONES, Alistair, *Operations and process management: principles and practice for strategic impact*. Pearson London, UK, 2018, ISBN 978-1-29217-615-4.
 18. STEVENSON, William J. *Operations management*. 13th ed. McGraw-Hill Education, 2017, ISBN-13: 978-1259667473, ISBN-10: 1259667472.
 19. WHITLEY, Richard, *Divergent capitalisms: The social structuring and change of business systems*. Oxford University Press, Oxford, UK, 1999, ISBN 978-0-19829-396-5.
 20. WIELINGA, Bob J., et al., *Expertise model definition document*. ESPRIT Project P5248 KADS-II Consortium document, University of Amsterdam, Amsterdam, Netherlands, 1993, Document Id. KADS-II/M2/UvA/026/5.0.

21. WRIGHT, Robert, *Systems Thinking: A guide to managing in a changing environment*. Society of Manufacturing, Dearborn, MI, USA, 1989, ISBN 978-0-87263-353-7.
22. АРСОВСКИ, Славко, *Наука о квалитету*, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2016, ИСБН 978-86-6335-021-2.
23. ПЕРОВИЋ, Милан, АРСОВСКИ, Славко, АРСОВСКИ, Зора, *Производни системи*. Машински факултет Крагујевац, Крагујевац, 1996, ИСБН 86-23-43035-2.

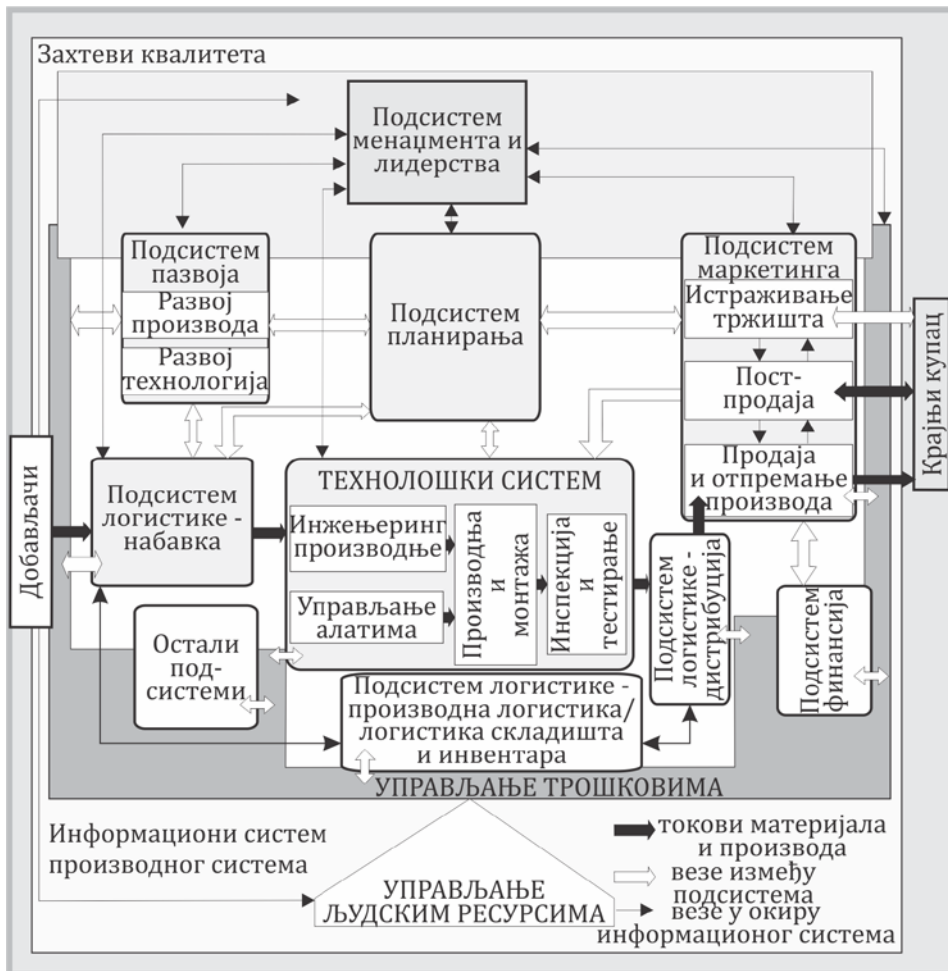
Поглавље 2.

ОСНОВЕ ФУНКЦИОНИСАЊА ПРОИЗВОДНИХ СИСТЕМА

Циљеви	Структура поглавља
После читања овог поглавља бићете оспособљени да:	
1. Објасните основе функционисања производних система	2.1 Функционисање производног система
2. Објасните зашто је у производним системима заступљен процесни приступ	2.2 Основни процеси у производном систему
3. Објасните функционисање пословних процеса у производном систему	2.2 Основни процеси у производном систему

2.1 Функционисање производног система

Узимајући у обзир мисију и визију било ког производног система, развијају се стратешки циљеви за њихово остварење. Развој стратегије подразумева дефинисање тактичких операција а након тога и оперативних активности. Све оперативне активности које се реализују у једном производном систему, могу се синхронизовати у пословне процесе.



Слика 2.1 Релације између подсистема у производном систему
(Перовић et al., 1996)

Због специфичности производних система, није могуће дефинисати општи свеобухватни модел који одговара било ком производном систему, па је за потребе даље анализе на слици 2.1 дат модел који представља апроксимацију једног уобичајеног производног система.

За успешно стварање вредности у једном производном систему, потребно је хармонизовати све активности пословних процеса. Величина производног система, тип индустрије и други фактори дефинишу комплексност пословних процеса производног система, али се може видети да сви производни системи у основи имају исте основне пословне процесе.

Анализом основних и компонентних процеса утврђују се елементи производног система и окружења. Основни елементи производног система су предмети рада (материјал, производ), средства за рад (машине, алат), запослени и енергија. Окружење производног система чине купци, добављачи, банке и остали стејкхолдери. Веза између елемената производног система и окружења остварује се преко одређених носилаца информација. Сваки од носилаца информација (на пример, планови, спецификације, програми итд.) садржи већи број различитих информација.

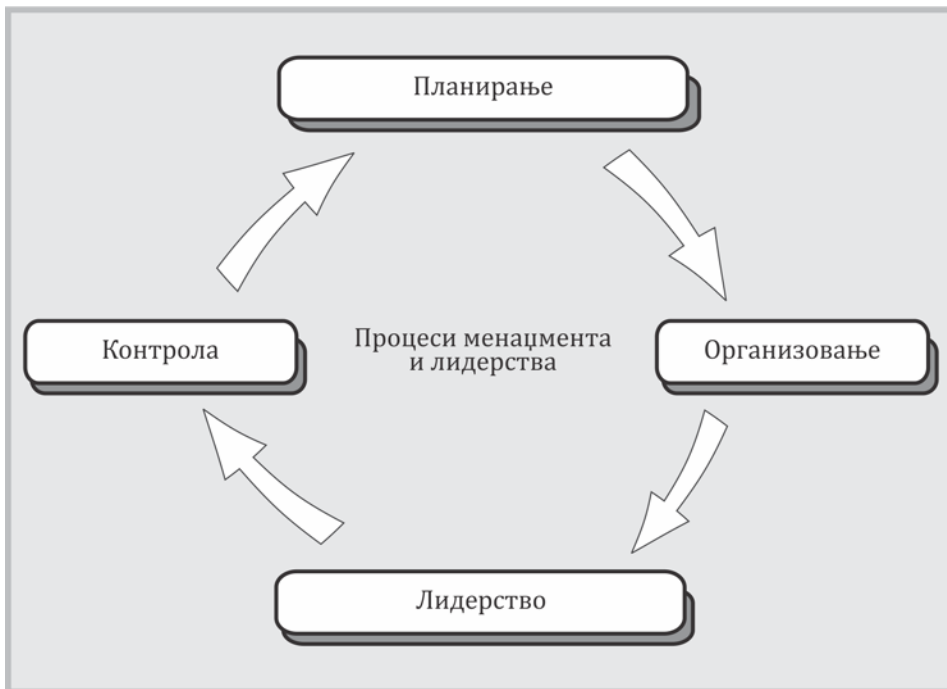
2.2 Основни процеси у производном предузећу

Производно предузеће треба да осигура и унапређује реализацију квалитетног производа и то на оптималан и конзистентан начин. То се односи, како на рокове реализације тако и економске и техничке показатеља пословања као што су цена, добит, искоришћење капацитета опреме и сл.

2.2.1 Подсистем менаџмента и лидерства

У овом подсистему се одвијају процеси који треба да омогуће постојање производног система и остварење мисије и визије.

Најзначајнији процеси овог подсистема су процеси менаџмента и лидерства (Слика 2.2).



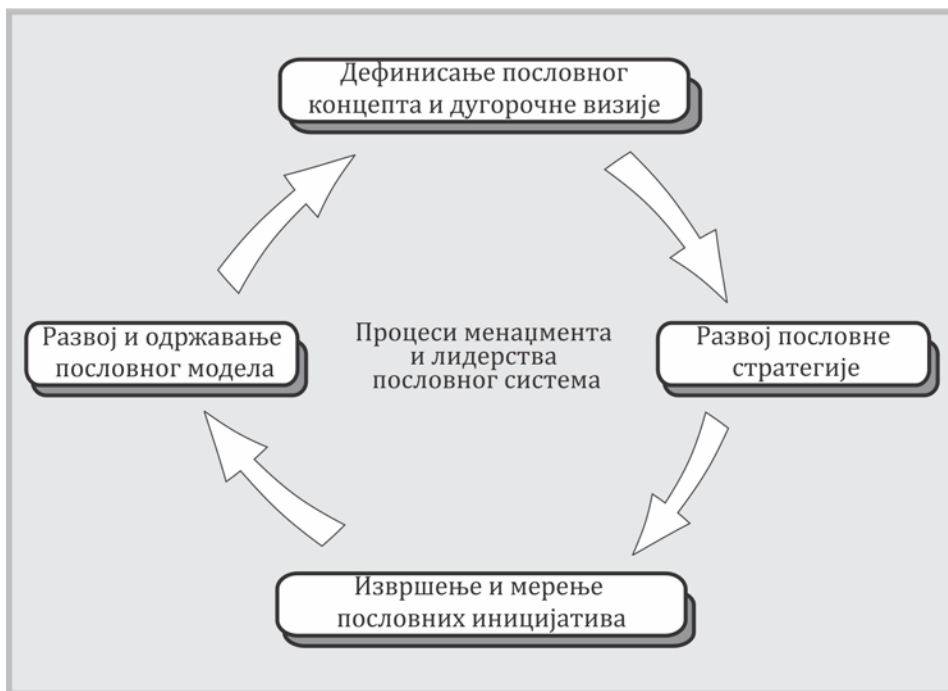
Слика 2.2 Процеси менаџмента и лидерства у подсистемима пословног система (производног предузећа)

По својој природи, процеси лидерства доминанто укључују координацију и мотивацију запослених при чему се могу идентификовати различити приступи у лидерству (Pierce & Newstrom, 2003). Током последњих година, приметна је транзиција од трансакционог ка трансформационом лидерству. То значи да лидери много више свог ангажовања треба да посвете развоју својих запослених и омогуће развој и трансформацију.

Процеси менаџмента и лидерства

Овај процес примарно обухвата дефинисање пословног концепта и дугорочне визије, развој пословне стратегије, извршење и мерење пословних иницијатива, као и развој и одржавање пословног модела

(слика 2.3). Поред тога, од највећег значаја су активности доношење одлука, контроле и спровођења одлука и информисање.



Слика 2.3 Процеси лидерства и менаџмента у производном предузећу

Управљање производним предузећем такође мора да развије систем мотивације запослених, који обухвата мотивацију менаџмента и запослених. Притом, менаџери и лидери морају да воде предузеће узимајући у обзир захтеве тржишта, власника предузећа, интереса државе и купаца. Из наведеног следи да је једна од првих активности менаџмента процена спољашњег окружења система након које следи истраживање тржишта и одређивање онога шта заправо крајњи корисници желе. У складу са добијеним резултатима, врши се анализа интерних елемената система, дефинише се дугорочна визија и разматрају се могућности за унапређење елемената система и пословања.

Дефинисање пословне стратегије започиње развојем мисије пословног система и развојем и оцењивањем стратешких могућности за постизање циљева. Веома важно је извршити усклађивање

стратегије на нивоу подсистема и пословних процеса и извршити анализу портфолиа производње.

Успех пословања у великој мери зависи од извршења свих стратешких планова, мерења учинка и управљања извршењем. У циљу адекватне имплементације активности, потребно је развити адекватан пословни модел/пословне моделе. Пословни модели (Перовић *et al.*, 1996), у најједноставнијој интерпретацији, представљају начин како предузеће ствара, задржава и испоручује вредност за крајњег корисника.

2.2.2 Подсистем маркетинга

Сврха постојања производних система се непосредно остварује преко подсистема маркетинга где се остварује продаја производа или услуга које производе. Најзначајнији процеси овог подсистема који врше интеракције са другим процесима и ентитетима су процеси маркетинга и продаје производа (Grönroos, 2004).

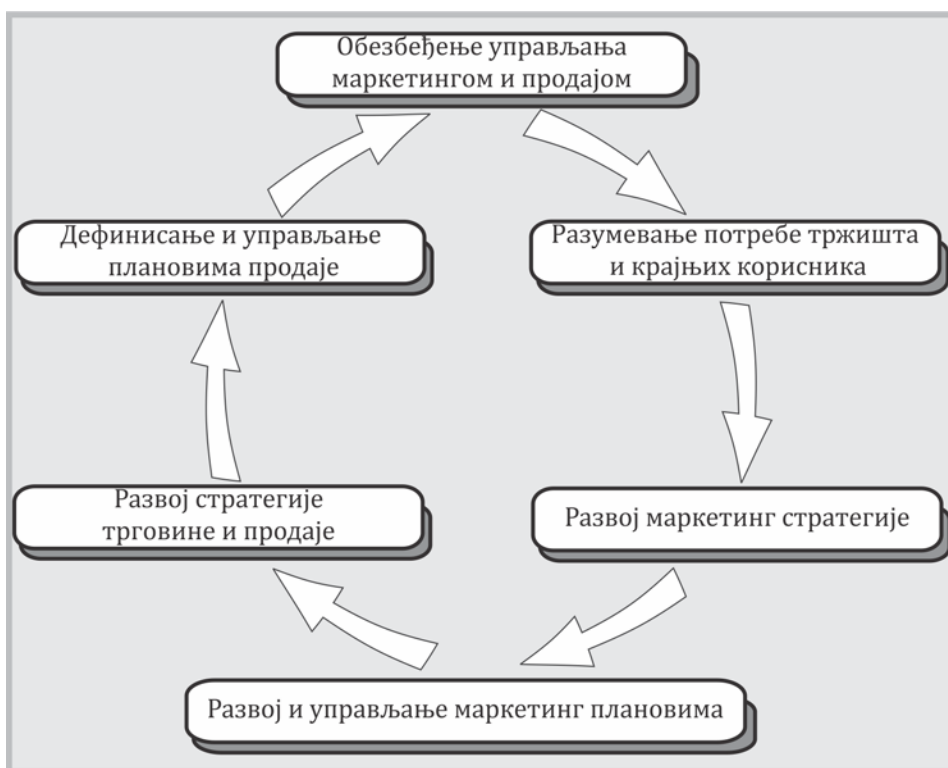
Процеси маркетинга и продаје производа

Процеси маркетинга и продаје најчешће започињу истраживањем тржишта са аспекта продаје производа и резервних делова (слика 2.4).

Да би успешно функционисао, производни систем мора да поседује информације и да разуме потребе тржишта и крајњих корисника. То подразумева да се обави испитивање тржишта и сегментацију како би се одредило понашање, склоности и потребе крајњих корисника. Додатно, важне информације представљају и трендови на тржишту и понашање конкуренције. Када се изврши поменута анализа, потребно је квантитативно одредити прилике на тржишту што подразумева одређивање циљних група, тестирање крајњих корисника и проверу способности производног система да задовољи њихове потребе.

Дефинисање стратегије маркетинга се врши након што су извршене анализе крајњих корисника и тржишта. У првом кораку је дефинисати понуду и вредност понуде производа за купца. Када се прикаже производ, потребно је одредити стратегију одређивања цене коштања. Приликом одређивања цене коштања, морају се узети у

обзир сви трошкови који настају по јединици производа у производном систему укључујући и зараде запослених али и цене производа на тржишту како би производ био конкурентан. У циљу ефикасне сарадње са крајњим корисницима, потребно је развити одговарајућу стратегију комуникације и користити различите врсте медија. Коначан циљ стварања успешне маркетинг стратегије треба да буде стварање програма за лојалност купаца. Један од успешних предуслова за то је стварање производа високог квалитета.



Слика 2.4 Процеси маркетинга и продаје

Развој и управљање маркетинг плановима је група пословних процеса чије функционисање почиње дефинисањем циљева и метрике за праћење остваривања планова. Да би се планови спровели у дело, потребно је саставити буџете за маркетинг активности, одредити цене коштања производа, развити промотивне активности анализирати

одговоре који долазе од крајњих корисника, одредити стратегију паковања производа и управљати реализацијом маркетинг програма.

Развој стратегије трговине и продаје подразумева активности предвиђања продаје, активности склапања партнерских односа, одређивање циљева продаје и метрику продаје. Поред тога, важно је управљати односима са купцима (*Customer Relationship Management - CRM*). У оквиру ових активности спроводи се дефинисање циљева управљања односима са купцима и мера како се управља тим односима. Након завршетка активности процеса производње, врши се уговарање продаје производа са купцима и уговарање динамике испорука производа по купцима. Током извршења ових активности спроводи се и стално праћење залиха готових производа, као и праћење појединачних наруџбина купаца, уз реализовање уговорених испорука готових производа купцима. У зависности од договора са купцима, врши се транспорт производа до купаца и обезбеђење потребне документације за продају производа купцима (налог отпреме, продаје, фактуре), као и праћење извршења наплате испоручених готових производа.

2.2.3 Подсистем развоја

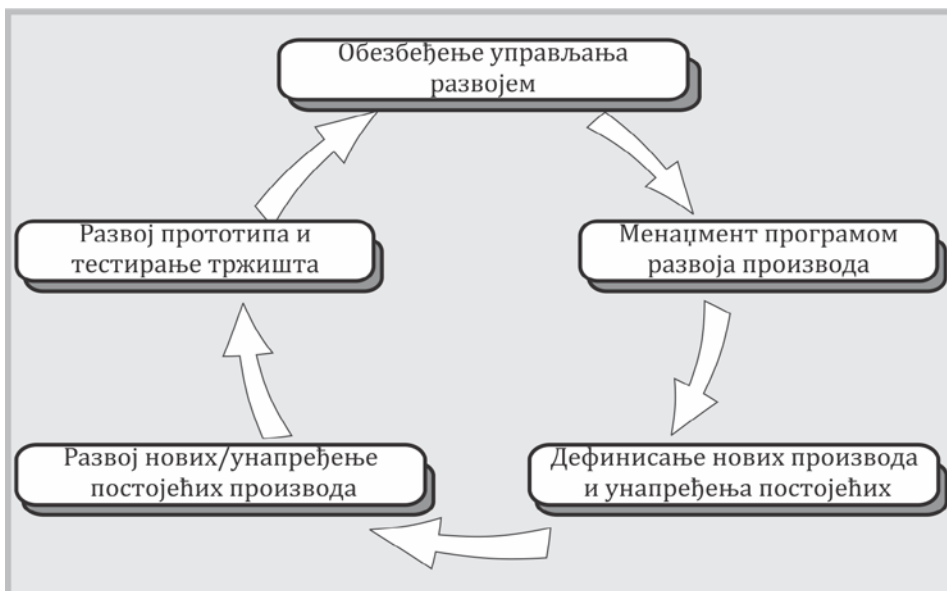
У циљу одржања конкурентске предности на тржишту значајан број производних система у оквиру својих активности спроводи активности развоја. Најзначајнији процеси овог подсистема су процеси развоја производа и технологија (*Schilling & Hill, 1998*).

Процеси развоја производа и технологија

Улазни елементи у ове процесе су најчешће анализе захтева тржишта за новим производима који долазе из подсистема маркетинга. Након тога се спроводе израде инвестиционих елабората и израде модела (прототипова) пилот решења производа (слика 2.5).

Важне активности које се спроводе у процесу развоја производа и технологија везују се за израду техничких прорачуна и моделска испитивања, као и за израду конструктивне документације. У циљу испуњења свих захтева за несметано увођење нових производа у процес производње, потребно је спровести: дефинисање поступка

избора добављача, дефинисање стандарда и техничких услова. Када су испуњени претходни услови, врши се дефинисање технологије избора средстава за рад, дефинисање технологије израде производа, израда технолошке документације и спровођење лабораторијских испитивања.



Слика 2.5 Процеси развоја нових/унапређења постојећих производа

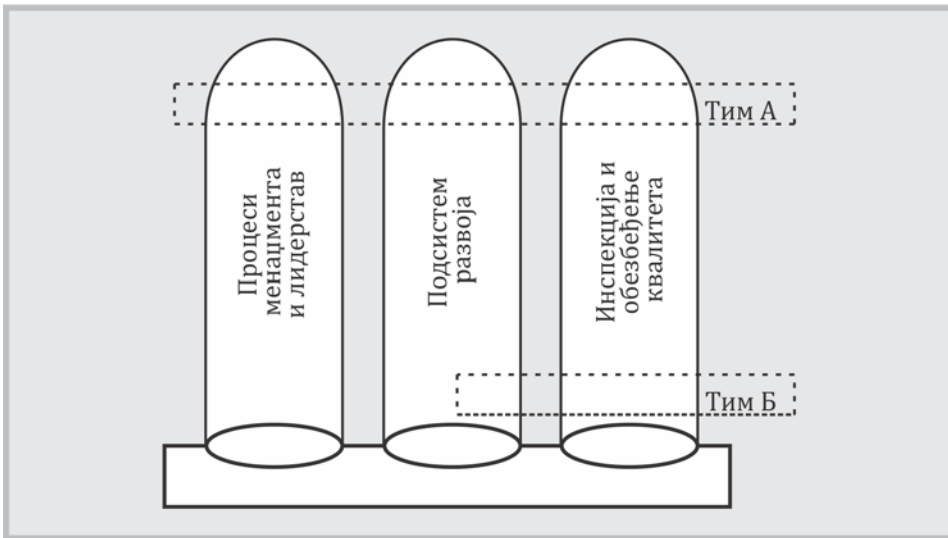
У циљу обезбеђења квалитета, спроводи се дефинисање метода и поступака обезбеђења квалитета. Поред тога, врши се дефинисање документације за контролисање квалитета производа: на пријему, у производњи и у завршној контроли. Завршне активности процеса развоја производа и технологија везане су за освајање производње, и спровођење измена везаних за производ.

У класичном поступку развоја учествују три одвојене функције/процеса (слика 2.6) које не сарађују и које треба унапредити преко агилних тимова.

На тај начин превазилази се прекид сарадње између ових „силоса” која се огледа у:

- постојању само вертикалне комуникације унутар „силоса”,
- фрикције између силоса,

- функцијском приступу,
- „оштрих” говора између тимова.



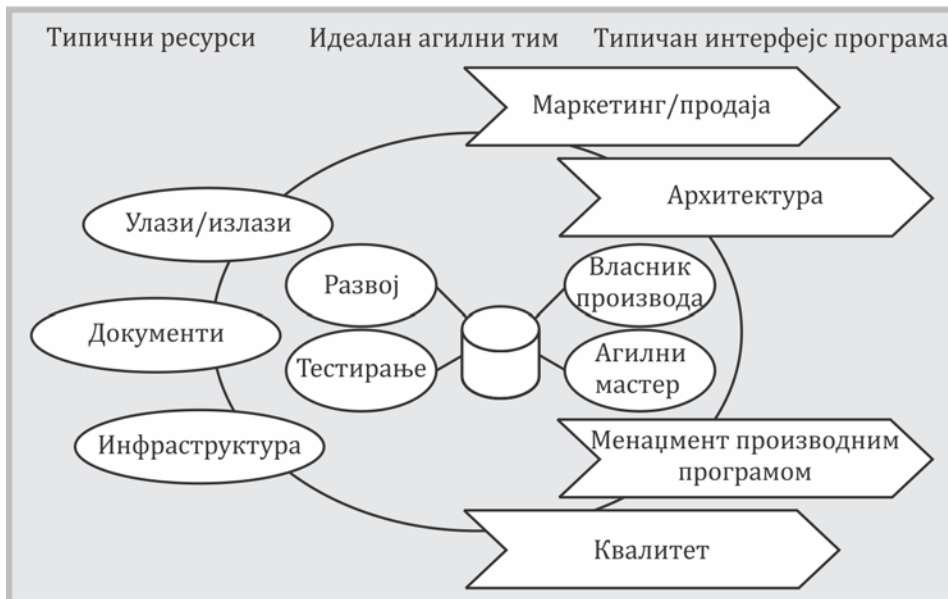
Слика 2.6 Типични „силоси” развоја новог производа

Преко тима А и тима Б врши се њихово повезивање, у чему кључну улогу има власник производа који:

- ради са менаџерима аналитичких послова и другим стејхолдерима ради утврђивања захтева за производ,
- одржава постојеће стање и поставља приоритете на основу релевантних вредности за корисника,
- поставља циљеве за сваку итерацију (варијанту или фазу развоја),
- елаборира напредак, учествује у преиспитивању процеса и прихватању нове „приче”

Типичан/идеалан агилан тим може обухватити ресурсе, чланове тима и типичне интерфејсе програма (слика 2.7). Потребно је нагласити да приликом формирања агилних тимова (Salah, 2014), велику улогу игра корпоративна култура и клима. Уколико постоји опште прихватање тимског рада са највишег нивоа предузећа, овакав облик понашања је прихватљив и запосленима на нижем нивоу. На

овај начин, поред уобичајених пословних активности, могуће је реализовати и пројекте у предузећу.



Слика 2.7 Идеалан агилан тим са размењеним ресурсима и типичним интерфејсима

У агилном ресурсу „кључ” је у интеграцији активности у све три равни, посебно вертикалној интеграцији на нивоу предузећа и производног система.

2.2.4 Подсистем набавке и интерне логистике

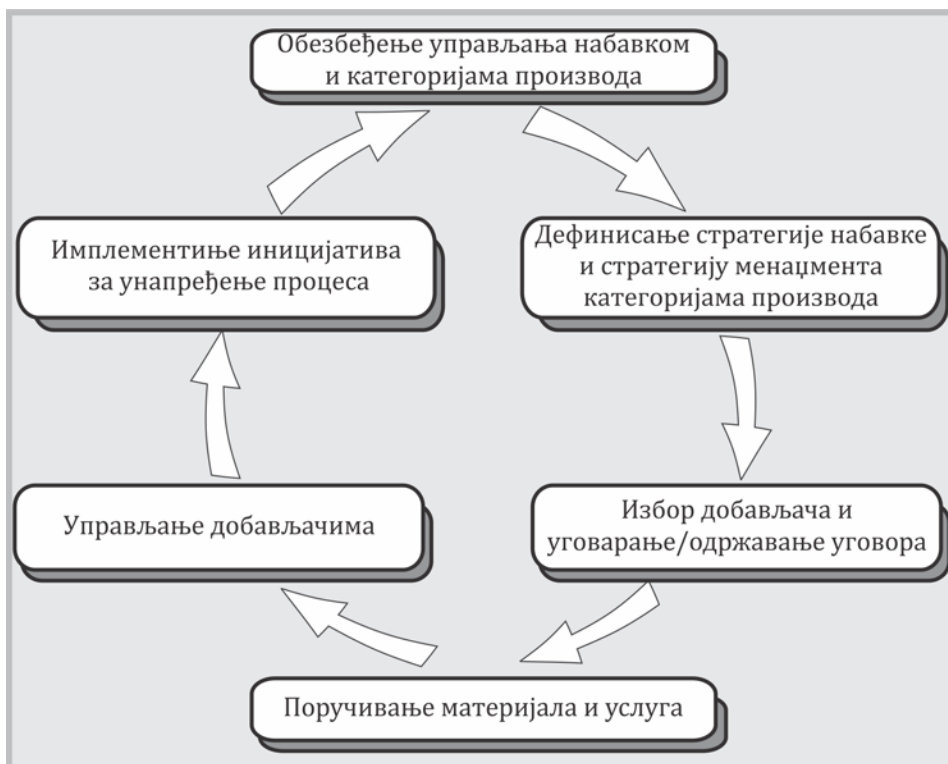
Током спровођења свакодневних активности у производном систему, потребно је обезбедити улазне сировине и полупроизоде (John & Young, 1991). Најзначајнији процеси овог подсистема су процеси набавке, интерне логистике и транспорта.

Процеси набавке, производне логистике, складиштења и дистрибуције

Сам процес набавке почива (слика 2.8) на обезбеђењу управљања набавком и категоријама производа (енгл. *Category Management* – CM). Менаџмент категорије производа представља пословну праксу где се

одлуке о набавци доносе тако што се имају у виду сви производи који удовољавају некој потреби производног система.

За ефективну реализацију процеса набавке потребно је дефинисати стратегију набавке и стратегију менаџмента категоријама производа. Након тога се врши избор добављача и уговарање.



Слика 2.8 Процеси набавке у производном предузећу

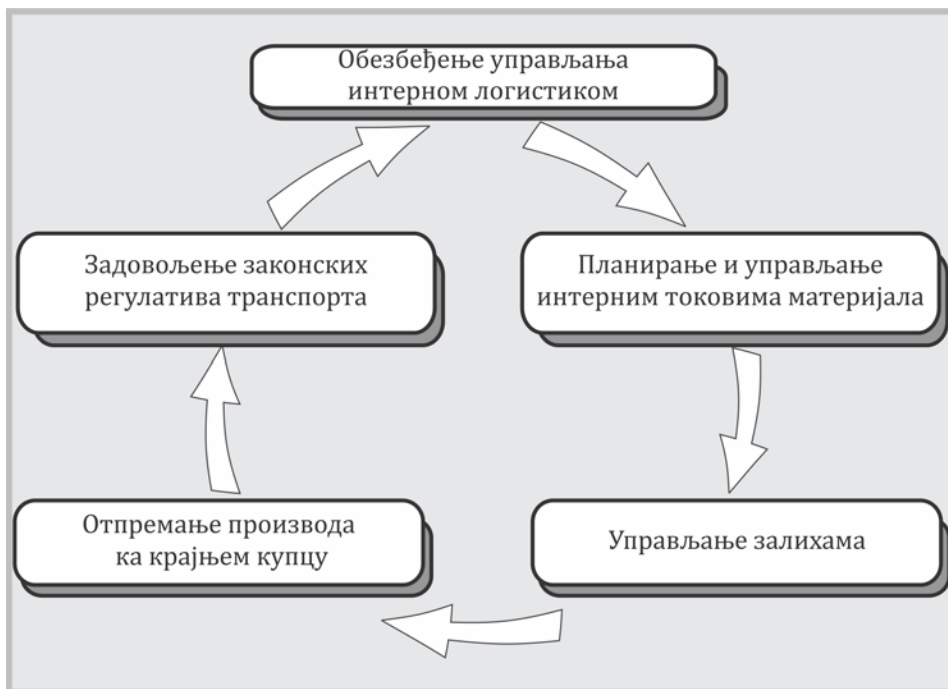
Уколико су у питању постојећи добављачи, ради се на одржавању уговора. Ови процеси често у пракси подразумевају да се на годишњем нивоу врши уговарање са добављачима. То подразумева уговарање годишњих количина са кварталном динамиком потребних материјала, делова, машина, алата, резервних делова, као и помоћног - потрошног материјала. Једна од главних активности процеса набавке јесте поручивање материјала и услуга.

Током остварења годишњих планова, може се десити промена потребних количина што се регулише анексима уговора, где се врши

уговарање са добављачима узимајући у обзир кварталне и месечне количине. У случајевима када се донесе одлука о развоју и увођењу новог производа на тржиште, врши се и оцена добављача за обезбеђење улазних сировина и полупроизвода.

Током времена се врши управљање добављачима и имплементирају се иницијативе за унапређење процеса. То могу бити постојећи и нови добављачи. У време испоруке, врши се квантитативни и квалитативни пријем производа од добављача, а током времена врши се праћење поузданости и квалитета испорука производа од добављача и праћење и управљање залихама репроматеријала. Активности које се још спроводе у процесу набавке и снабдевања подразумевају усаглашавање испостављене фактуре добављача са отпремљеним производима и пријемном документацијом, као и вођење поступка рекламације за случај неквалитетних испорука добављача. Током времена се врши и праћење реализације уговора са добављачима и праћење промене цена.

Процеси производне логистике, складиштења и дистрибуције се реализују у самом производном систему (слика 2.9). У циљу обезбеђења управљања производном логистиком, складиштењем и дистрибуцијом, разматрају се услуге које је потребно пружити крајњем кориснику. То значи да је потребно развити, анализирати и оптимизовати руте по којима се врши достава производа крајњем кориснику након завршеног процеса производње. У самом производном систему, у оквиру процеса планирања и управљања интерним токовима материјала, мора да се обезбеди несметано снабдевање свих дефинисаних активности процеса производње. Притом, мора се обезбедити и несметан ток производа којима је потребна дорада након контроле квалитета. Након завршетка производног процеса, врши се паковање, отпрема и складиштење. Ово су активности логистике којима се повезују технолошки систем и систем маркетинга и продаје. У оквиру ових активности логистике, врши се управљање залихама потребним за производњу док се истовремено води рачуна о количини завршених производа које је потребно отпремити ка крајњем купцу.



Слика 2.9 Процеси интерне логистике и транспорта

Приликом транспорта финалних производа купцу, потребно је водити рачуна о законским прописима утовара и истовара, законима у саобраћају, царинским прописима, и сл.

2.2.5 Подсистем планирања

У подсистему планирања се у већини случајева обавља дугорочно планирање свих финалних производа, средњорочно планирање финалних производа, средства за рад, радне снаге, инвестиција, као и краткорочно планирање. Најзначајнији процеси овог подсистема су укључују процесе планирања на нивоу производног система (Kingsman, 2000).

Процеси планирања на нивоу производног система

Улазни елементи који долазе у подсистем планирања стижу из подсистема маркетинга (налози купца) или из подсистема развоја. Основни активности које се спроводе у оквиру процеса планирања подразумевају креирање планова: производње, снабдевања,

управљања производњом, управљања алатима, управљања одржавањем опреме, управљања квалитетом и управљања трошковима. Годишње планирање подразумева:

- планирање производа по купцима и тржиштима,
- планирање потребних резервних делова,
- планирање потребних капацитета машина, алата, прибора и радне снаге,
- планове производа сопствене производње (склопова, подсклопова и делова) на нивоу производних јединица, у израду годишњег материјалног биланса,
- годишње планирање набавке материјала, делова, подсклопова, алата, машина, резервних делова за машине итд.

Поред наведених активности које се обављају на годишњем нивоу у домену производње, важно је нагласити да се спроводи и планирање образовања запослених, планирање квалитета, планирање мотивације, планирање иновација, планирање активности на нивоу производних јединица и производа, као и планирање одржавања машина.

Краткорочно планирање се спроводи у домену процеса набавке, што обухвата активности планирања кварталне и месечне динамичке набавке, док се у домену управљања финансијама врши финансијско планирање трошкова, амортизације, личних примања запослених, итд. На месечном нивоу се врши и планирање сопствене производње (динамичко и оперативно).

Након креирања главног плана производње, ради се план потребног материјала и капацитета, да би се након усклађивања, извршило лансирање налога. Пре слања радних налога, врши се резервисање материјала и терминирање свих активности. Када се заврше све припремне активности, отпочиње процес производње који се прати на дефинисаним контролним тачкама.

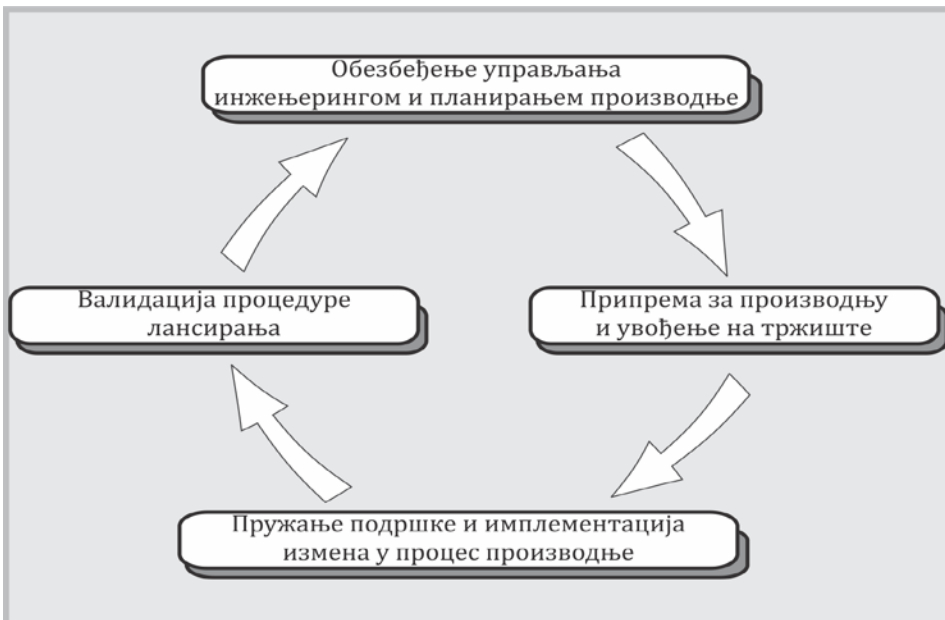
2.2.6 Технолошки систем

Процеси који се одвијају у технолошком подсистему у највећем броју случајева обухватају процесе (Shen et al., 2006):

- инжењеринга и планирања процеса производње,
- управљања алатима,
- управљања производњом и монтажом,
- инспекције и тестирања готових производа.

Процес инжењеринга и планирања процеса производње

Процес инжењеринга и планирања процеса производње се реализују тако да буду у складу са резултатима планирања на нивоу предузећа. Они укључују активности у којима учествују инжењери који су развили производ и индустријски инжењери ради одређивања адекватне технологије и поступака израде (слика 2.10).



Слика 2.10 Процеси инжењеринга и планирања процеса производње

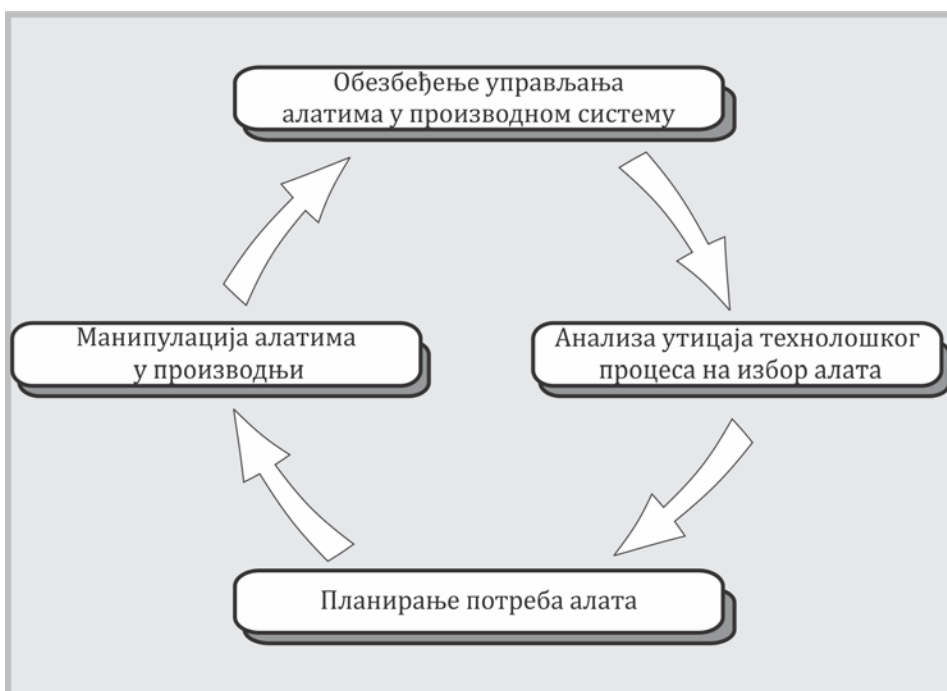
Поред наведеног, врши се провера потребних количина материјала, одређивање термина, провера расположивости ресурса и валидација процедуре лансирања производње. Код постојећих

производних процеса врши се анализа и оптимизација. Оптимизација се може извршити тако да се скрати време рада, смање трошкови или подигне ефективност процеса производње.

У случају производње нових производа потребно је осмислити, пројектовати и организовати нову производну линију.

Процес управљања алатима

Један од основних услова за ефективно управљање процесом производње јесте адекватно управљање алатима (слика 2.11) (Yin et al, 2006).



Слика 2.11 Процеси управљања алатима у производном систему

Активности самог процеса управљања алатима подразумевају, пре свега, стандардизацију и/или унификацију алата и формирање основних података о алатима, што подразумева дефинисање века трајања алата и планирање израде алата. Након планирања израде, врши се пројектовање конструкције и технологија израде алата, обезбеђење технолошке документације, формирање радног налога за

израду алата и израда алата. Уколико у производном систему постоји потреба да се алат набави преко добављача, врши се планирање набавке алата, испостављање захтева за набавку алата, и пријем алата. Током одвијања активности и обављања предвиђених послова, врши се праћење и контрола стања залиха алата у централном и приручним магацинима алата и управљање залихама алата.

У циљу постизања захтеваног квалитета производа, врши се израда планова контроле алата у експлоатацији и контрола квалитета алата у експлоатацији. Имајући у виду да се током обављања рада у процесу производње врши снабдевање радних места алатима и праћење потрошње алата у експлоатацији, у одређеним временским интервалима је потребно вршити регенерацију алата и/или отпис алата.

Процес управљања производњом и монтажом

Процес управљања производњом по правилу започиње планирањем које у највећем броју случајева може бити недељно и дневно оперативно планирање производње по производима, радним налозима и јединицама. У производним системима који функционишу према *Kanban* принципу, производња се реализује коришћењем картица и производња се усмерава "повлачењем" (*pull*) активности уназад, тј. почев од плана монтаже (главног плана производње) – без употребе радних налога.

У значајном броју производних система који функционишу у Србији и окружењу, потребно је одредити термине почетка производње за одређене радне налоге извршити алоцирање потребних ресурса за производњу. Након лансирања радних налога по производним јединицама, врши се требовање и транспорт потребног материјала, делова и алата. У току производње, врши се константно праћење радних налога и усклађивање процеса производње. Праћење извршења производње врши се према радним налозима, производима, производним јединицама и производним линијама, при чему се узимају у обзир сви краткорочни и дугорочни планови. Уколико се јаве одређени технички проблеми и застоји у производњи, потребно је пријавити исте процесу одржавања и пратити недовршену

производњу, као и искоришћеност капацитета. Уколико постоји потреба, врши се предаја полупроизвода у међуфазни магацин, док се по правилу готови производи предају у магацин готових производа. У случају већих производних система, врши се обезбеђење потребне документације за транспорт и примопредају производа између две производне јединице и обезбеђење потребне документације за паковање и отпрему готових производа. Сви релевантни подаци из производње се прикупљају и достављају другим подсистемима по дефинисаним процедурама.

Процес инспекције и тестирања готових производа

Процес инспекције и тестирања готових производа започиње калибрисањем опреме за тестирање. Тестирање се врши применом стандардне процедуре за тестирање која је прописана у производном систему. Након узорковања бележе се резултати мерења. Сви резултати мерења се чувају у одговарајућој бази података и користе се за унапређење квалитета производа.

2.2.7 Повезивање технолошког система и подсистема маркетинга

Након завршене инспекције и контроле квалитета, производи који испуњавају све захтеве, пролазе кроз **процесе паковања, отпремања и складиштења**. Производи који су допремљени у складиште спремни су за продају. У оквиру процеса интерне логистике и транспорта, реализује се достава производа крајњем купцу.

Процес инсталирања и пуштања у експлоатацију

У неким случајевима производи се продају без накнадне потребе за инсталирањем и пуштањем у експлоатацију. Пример за ово су производи широке потрошње, мали кућни уређаји и сл. Уколико постоји потреба за инсталирањем у пуштањем у погон комплексног производа као што је мерни уређај који се користи у лабораторији за напредна испитивања, потребно је дефинисати процедуру доставе и инсталирања по којој поступају запослени. Након инсталирања и

пуштања у експлоатацију, у одређеним случајевима се иницира постпродајни сервис и одржавање.

2.2.8 Подсистеми и процеси који омогућавају нормално функционисање производних система у предузећима

Ови процеси су свакако неопходни за функционисање једног производног предузећа али се неки од њих могу просто уговорити другим организацијама. Пример за ово јесте одржавање техничких система и машина где једно предузеће може ангажовати друго за обављање поменутих активности.

Процес одржавања машина

За сваки производни систем, процес одржавања представља основу за континуално пословање без непредвиђених околности и отказа који могу угрозити процес производње. Сам процес почиње формирањем података о машинама и изради планова превентивног, корективног одржавања, проактивног, или неког другог типа одржавања. За сваки тип одржавања, тј, онај који се спроводи у производном систему, дефинише се израда технолошких поступака за одржавање, и израда планова средњег и генералног ремонта. На дневном нивоу се може вршити непосредно одржавање машина и праћење и отклањање узрочника застоја на машинама. За било који вид одржавања потребно је обезбедити технолошку и производну документацију и требовати потребне ресурсе за реализацију радних налога за одржавање. Поменути ресурси се односе на материјал, резервне делове, алате, мазива, уља и сл. У зависности од величине предузећа, потребно је праћење залиха резервних делова, наручивање резервних делова или израда истих.

Процес управљања људским ресурсима

За успешно обављање свих послова у производном систему, неопходно је учешће свих запослених. Процес управљања људским ресурсима подразумева на првом месту планирање кадрова по врсти профила. Након тога се врши селекција и пријем кадрова и издавање

решења о радном месту и личном доходу. Током времена потребно је да се врши праћење образовања кадрова ради континуалног напретка свих активности у производном систему. Важне су и активности праћења и процене учинка запослених као и одсуства са посла.

Процеси праћења и управљања економско-финансијским токовима

Финансијски менаџмент у једном производном систему подразумева већи број активности. Веома важне активности су књиговодствено праћење добављача и књиговодствено праћење купаца. Истовремено, потребно је обезбедити финансијско праћење обавеза и потраживања и праћење издатих инструмената плаћања. Уколико је због потреба пословања, производни систем склопио уговор о кредитирању, потребно је вршити праћење кредита, како дугорочних тако и краткорочних. Текуће активности подразумевају израду материјалних обрачуна, књиговодствено праћење основних средстава, обрачун личног дохода, обрачун трошкова производње, калкулацију цене коштања, израду главне књиге, израду периодичног обрачуна, израда завршног рачуна предузећа, управљање трошковима и сл.

Питања за обнављање градива

1. Објаснити функционисање процеса менаџмента и лидерства.
2. Које су основне активности процеса маркетинга и продаје производа?
3. Које су основне активности процеса развоја производа и технологија?
4. Које су основне активности процеса набавке, интерне логистике и транспорта?
5. Како се врши планирање на нивоу производног система?
6. Објаснити функционисање процеса инжењеринга и дефинисања процеса производње.
7. Објаснити функционисање процеса управљања алатима.
8. Које су основне активности процеса управљања производњом и монтажом?
9. Објаснити функционисање процеса Процес инспекције и тестирања готових производа
10. Објаснити повезивање технолошког система и подсистема маркетинга
11. Објаснити главне активности процеса подршке у производним предузећима

Литература

1. ARSOVSKI, Slavko, *Nauka o kvalitetu*, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Kragujevac, 2016, ISBN: 978-86-6335-021-2.
2. FACT AND DETAILS, Toyota productivity and workers: Just in Time production, Kaizen, Jidoka, Unhappy workers and plants abroad, website:
<http://factsanddetails.com/japan/cat23/sub184/item927.html>
3. GRÖNROOS, Christian. The relationship marketing process: communication, interaction, dialogue, value. *Journal of business & industrial marketing*, 2004, DOI: 10.1108/08858620410523981.
4. JOHN, Caron H. St; YOUNG, Scott T. The strategic consistency between purchasing and production. *International Journal of Purchasing and Materials Management*, 1991, 27.2: 15-20, DOI: 10.1111/j.1745-493X.1991.tb00529.x.
5. KINGSMAN, Brian G. Modelling input-output workload control for dynamic capacity planning in production planning systems. *International journal of production economics*, 2000, 68.1: 73-93.
6. LEFFINGWELL, Dean. *Agile software requirements: lean requirements practices for teams, programs, and the enterprise*. Addison-Wesley Professional, 2010, ISBN 0321685407, 9780321685407.
7. PEROVIĆ, Milan, ARSOVSKI, Slavko, ARSOVSKI, Zora, *Proizvodni sistemi*. Mašinski fakultet u Kragujevcu, Kragujevac, 1996.
8. PIERCE, Jon Lepley; NEWSTROM, John W. *Leaders & the leadership process*. McGraw-Hill/Irwin, 2003, ISBN 0072482567, 9780072482560.
9. SALAH, Dina; PAIGE, Richard F.; CAIRNS, Paul. A systematic literature review for agile development processes and user centred design integration. In: *Proceedings of the 18th international*

- conference on evaluation and assessment in software engineering*. 2014. p. 1-10, DOI: 10.1145/2601248.2601276.
10. SCHILLING, Melissa A.; HILL, Charles WL. Managing the new product development process: strategic imperatives. *Academy of Management Perspectives*, 1998, 12.3: 67-81.
 11. SHEN, Weiming; WANG, Lihui; HAO, Qi. Agent-based distributed manufacturing process planning and scheduling: a state-of-the-art survey. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, 2006, 36.4: 563-577, ISBN 978-1-84628-752-7.
 12. WOMACK, James P.; JONES, Daniel T.; ROOS, Daniel. *The machine that changed the world: The story of lean production--Toyota's secret weapon in the global car wars that is now revolutionizing world industry*. Simon and Schuster, 2007, ISBN 1416554521, 9781416554523.
 13. YIN, Rui, et al. The development of tool management system for production line in digital manufacturing shop. *Machine Tool & Hydraulics*, 2006, 9.

Поглавље 3.

ИНФОРМАЦИОНИ СИСТЕМИ

Циљеви	Структура поглавља
После читања овог поглавља бићете оспособљени да:	
1. Објасните основе улогу и типове информационих система, укључујући начина на који се користе и бенефиција које доносе	3.1 Улога информационих система
2. Идентификовати основне компоненте информационих система и објаснити њихову улогу	3.2 Структура информационих система
3. Идентификовати основне елементе рачунарских мрежа	3.3. Рачунарске мреже

3.1 Улога информационих система

Производна предузећа послују ефикасније и боље управљају својим ресурсима када су активности јасно координисане између успостављених подсистема. Уколико токови информација нису присутни приликом доношења одлука, координисање активностима неће бити правовремено, што може довести до изостанка адекватне реакције на изазове конкурентног тржишта и до опадања свеукупне продуктивности.

Споменуто конкурентно тржиште се непрестано мења и поставља нове изазове у погледу: услова пословања, примене метода и техника, стандарда и технологија. Свака од ових промена се може разложити на специфичне правце у којима се промене крећу. Услови пословања односе се преваходно на проширење мултинационалних корпорација, већу повезаност предузећа, диверсификацију производа и услуга, подршку држава, оријентисаност ка потенцијалним и крајњим купцима. Промена метода и техника је такође изражена. Примењују се нове методе и технике, од којих се издвајају конкурентно инжењерство, *just-in-time*, нулта грешка итд. Промена стандарда се одвија практично непрекидно. Стари стандарди се замењују новим и многе до сада непокривене области су предмет нових стандарда. Тако, на пример, серија стандарда *ISO 9000* захтева да предузећа усагласе систем квалитета са потребама купаца и одређеним законским одредбама.

Један од одговора на постављене изазове у предузећима јесте примена рачунарске технологије у облику информационих система (енгл. *Information Systems - IS*), припадајућих база података, локалних и глобалних мрежа и пратећег софтвера. *IS* представља скуп метода, техника и технологија за прикупљање, трансфер, трансформацију, складиштење и прослеђивање информација, које помажу доносиоцима одлука да управљају специфичним подсистемом.

Може се рећи да су токови информација важно средство за координацију активности, а да *IS* помаже у управљању тим средством. *IS* омогућава да се између подсистема предузећа обезбеде токови информација приликом одлучивања о потребама за производњу и дистрибуцији производа. Токови информација се обезбеђују између подсистема и у следећим подсистемима: подсистема менаџмента и лидерства, подсистема развоја, подсистема планирања, подсистема маркетинга, подсистема логистике, технолошких система и подсистема финансија. Надаље су приказане неке од предности које *IS* могу донети појединачним подсистемима у предузећу.

Подсистем менаџмента и лидерства. Систем за подршку одлучивању (енгл. *Decision Support System - DSS*) се користи као подршка приликом доношења менаџмент и лидерских одлука, помоћу податке из *IS* и софистицираних алгоритама, преточених у софтверске модуле, за анализу и утврђивање начина на који је најбоље управљати предузећем. На пример, модули за предвиђање, симулацију, корпоративно планирање, утврђивање расподеле посла и ресурса, и слични, су системи за подршку одлучивању, који користе податке из базе података предузећа.

Подсистем финансија. *IS* се користе за предвиђање прихода и расхода, одређивање најбољих извора и употребе средстава, управљање новчаним и другим финансијским ресурсима, анализа инвестиција и обављање ревизија како би се уверило да је организација финансијски стабилна и да су сви финансијски извештаји и документа тачни.

Подсистем планирања, логистике и технолошки систем. Модули *IS* се користе за развој плана производње, за обраду наруџбеница купаца, за контролу нивоа залиха и за надзор квалитета производа.

Подсистем маркетинга. Запослени у подсистему маркетинга користе *IS* приликом: развоја нових производа и услуга (анализа производа), одређивања најбољих приступа оглашавања и продаје (промоције) и постављања оптималних цена производа да би добили највеће укупне приходе (анализа цена).

Подсистем управљања људским ресурсима. Модул *IS* помаже запосленима у поступцима: проналажења људских ресурса, администрирања тестова перформанси запослених, праћења продуктивност запослених и креирања извештаја о запосленима.

Подсистем развоја. *IS* помажу запосленима приликом истраживања и развоја дизајна производа, и приликом прикупљања захтева и жеља купаца, које могу довести до нових идеја и омогућити дељење информација са истраживачком заједницом на глобалном нивоу.

Управљање односима са клијентима. Модули *IS* који се користе за прикупљање информација о потенцијалним и крајњим купцима и њиховој интеракцији са предузећем, како би се боље разумеле њихове потребе и проблеми и омогућило пружање одговарајућих услуга.

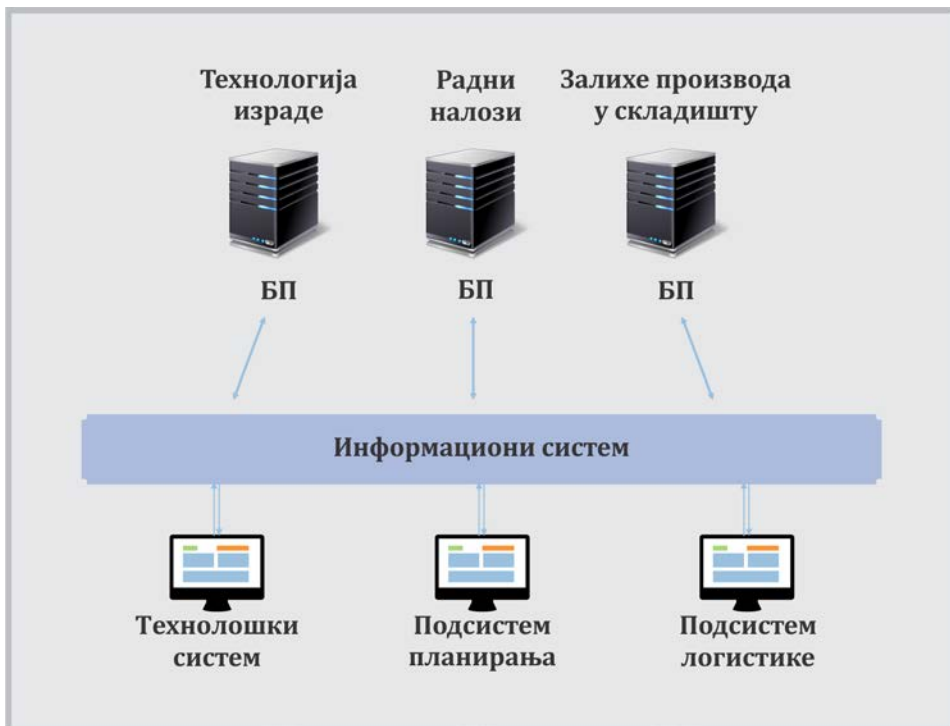
IS могу играти важну улогу не само приликом координације активности унутар подсистема у производним предузећима, већ и приликом координације активности са добављачима дуж ланца снабдевања и са потенцијалним и крајњим купцима. Због тога се *IS* користе да повежу производна предузећа, њихове добављаче, потенцијалне и крајње купце. Да би производне организације успешније функционисале, потребно је помоћу *IS* обезбедити токове информација и интеракцију између свих наведених субјеката.

Приликом успостављања потребно је у обзир узети и захтев стандарда ИСО 9001:2015, да је пословање потребно организовати, тако да се задовоље потребе крајњих корисника. На пример, информације ће из модула *IS* за управљање односима са клијентима бити прослеђене, ка модулу подсистема маркетинга *IS*. Подсистем маркетинга на основу информација добијених од стране корисника и истраживања тржишта, дефинише даље кораке које треба предузети како би се захтеви корисника задовољили. Информације се прослеђују ка подсистем менаџмента и лидерства, кроз модул за подршку одлучивању. Применом овог модула, лидери и менаџери организације дефинишу даљу стратегију пословања читаве организације. Информације се прослеђују ка подсистему планирања помоћу модула

IS за планирање производње и подсистему развоја помоћу модула IS за истраживање и развој, уколико је потребно извршити развој новог или измену постојећег производа. Повратне информације добијене из ових подсистема, подсистем менаџмента и лидерства прослеђује подсистему набавке и интерне логистике, како би се утврдила и набавила неопходна количина репроматеријала. Информације на основу којих се може пратити производња се прослеђују и ка технолошком систему помоћу одговарајућег модула. Додатно, пре него што запослени у технолошком систему могу да користи улазне ресурсе, често их морају прегледати и одобрити запослени задужени за контролу квалитета.

Чињеница да су ресурси испунили захтеве квалитета и да су коначно одобрени за употребу представља „информацију“, која се преноси до технолошког система пре него што ће запослени моћи да их употребе. Испуњеност захтева квалитета се утврђује у оквиру свих подсистема на више различитих начина, при чему се поштују дефинисани поступци провере захтева. Истовремено, запослени у технолошком систему делује у оквиру сопственог скупа подсистема, извршавајући активности у складу са правилима која су регулисана на основу планова подсистема планирања. Међутим, запослени задужени за контролу квалитета и запослени у технолошком систему спојени су токовима информација и тако једни другима омогућавају рад.

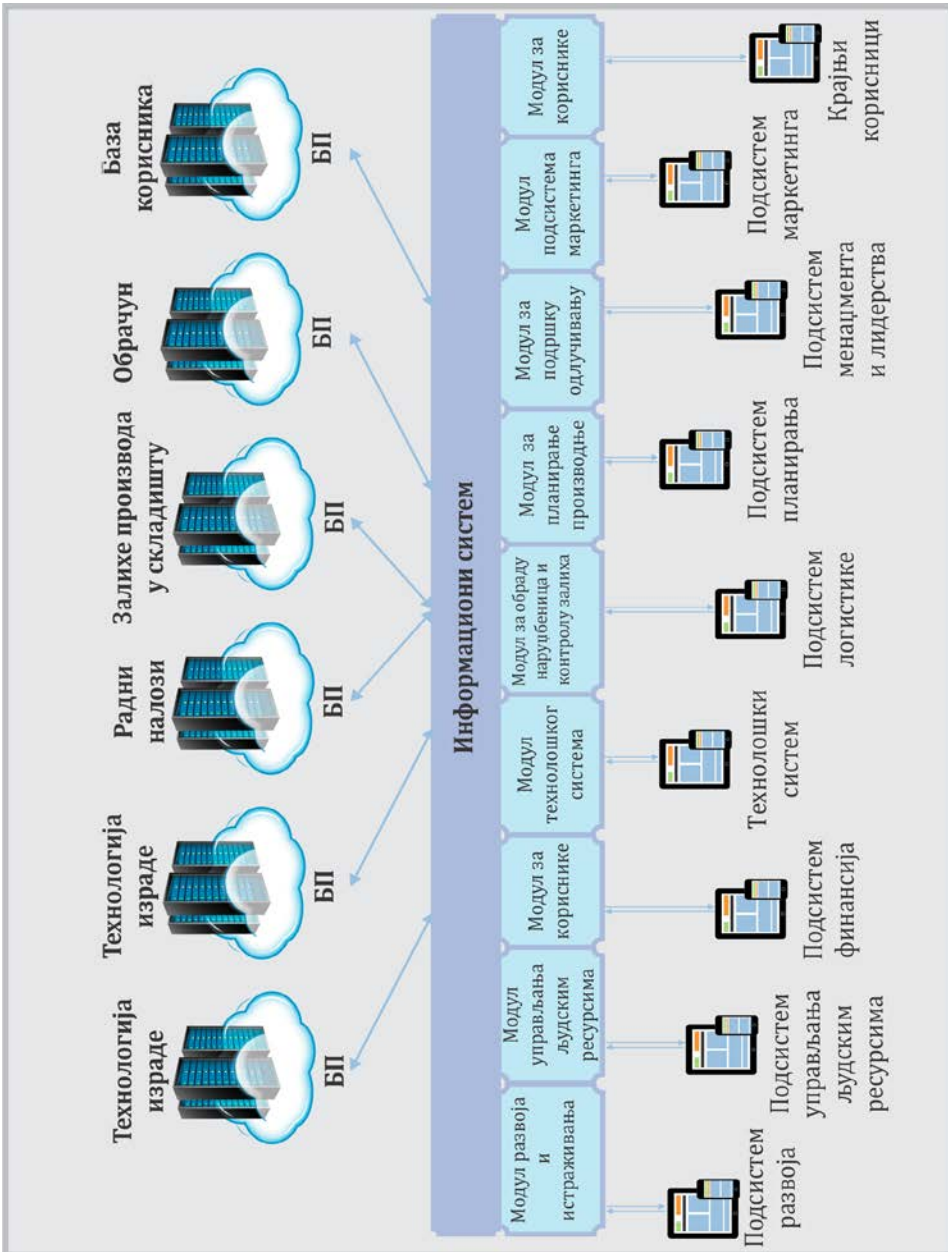
На основу наведених чињеница развијен је концепт база података, помоћу којег су омогућени заштита података, освежавање података, смањење поновљивости (редуданце) података, брз селективни и дозвољени приступ подацима ради решавања одређених пословних проблема и управљање подацима у посматраним подсистемима (слика 3.1 и 3.2).



Слика 3.1 Прикупљање података из подсистема и складиштење података у концептима пословања 2005. године

Разлог употребе база података јесте меморисање података у *IS* без редуванце, али и да се истовремено обезбеди могућност вишеструке употребе података. Сходно томе нередувантност и вишеструка употребљивост су главне карактеристике база података.

Надаље је приказан хронолошки развој *IS* заснованих на примени рачунарских технологија. Рачунарске технологије се користе за обављање уобичајених пословних активности још од 1950-их.



Слика 3.2 Прикупљање података из подсистема и складиштење података у концептима пословања 2020. године

Старији системи дизајнирани су са циљем да смање трошкове кроз аутоматизацију рутинских, напорних пословних трансакција. При чему се под трансакцијом може сматрати било која пословно везана размена средстава, попут плаћања запосленом, продаје купцу или плаћања добављачу.

Систем за обраду трансакција (енгл. *Transaction Processing Systems - TPS*) представља организован скуп људи, процедура, софтвера, база података и уређаја који се користе за обраду и евидентирање пословних финансијских трансакција. Један од првих пословних система који је компјутеризован био је систем обрачуна зарада. Примарни улазни подаци за су били број радних сати запослених током недеље и висина дневне зараде. Примарне излазне информације су платне листе. Трошкови ових раних система били су више него надокнађени, јер је њиховим коришћењем смањењем број запослених који су потребни да заврше обраду плата. Убрзо су компјутеризовани и други, обимни, репетитивни процеси, попут обраде наруџбина, наплате купцима и контроле залиха. Основни предуслов за несметано пословање савремених предузећа јесте употреба неког вида *TPS* за ефикасну и тачну обраду трансакција.

Значај правовремених и тачних информација за управљање различитим предузећима, а посебно производним предузећима схваћен је посебно у другој половини двадесетог века. Због тога је било сврсисходно формирати један систем који ће обезбеђивати неопходне информације за управљање (енгл. *Management Information System - MIS*). *MIS* представља организовану структуру коју чине људи, процедуре, софтвери, базе података и уређаји, неопходни како би се менаџерима и доносиоцима одлука пружиле пословне информација. *MIS* системи су први пут развијени 1960-их и обично су коришћени за израду менаџмент извештаја. У већини случајева ти извештаји су се припремали периодично - дневно, недељно, месечно или годишње. Због користи које могу донети *MIS*, већина доносилаца одлука их користи. У оквиру технолошког, маркетинг, финансијског и другим подсистемима предузећа често се употребљавају *TPS* и *MIS*, који су развијени у оквиру самих предузећа. *MIS* се обично користи за приказивање структурних извештаја који се генеришу на основу података из *TPS*.

У *TPS* се прикупљају улази из различитих извора, који се потом уређује и обрађује како би створили различити излази и ажурирала база података о важећим трансакцијама. Овој бази података се може приступити помоћу *MIS* ради стварања различитих извештаја,

укључујући периодичне извештаје, извештаје о изузетима, сажетке извештаја, детаљне извештаје и извештаје на захтев. *IS* који обрађују пословне трансакције (нпр. Продаја, испорука, плаћање) развијали су се током година и нудили важна решења за организације свих величина. *TPS* и *MIS* се користе и данас, али се све чешће у предузећима користе системи за планирање ресурса (енгл. *Enterprise Resource Planning - ERP*).

Последњих година све више предузећа примењује *ERP* системе који се користе за вођење евиденције о пословним процесима и пружање широког спектра могућности извештавања и анализе података. Рад ових система заснива се на употреби база података у којима се чувају кључни оперативни подаци, којима могу приступити сви запослени у свим подсистемима предузећа, а према потреби, могу приступити и крајњи купци и добављачи. Применом *ERP* система елиминише се проблем неконзистентности података узрокован употребом већег броја независних *IS* за обраду података у различитим подсистемима у предузећу. Иако се у почетку сматрало да су *ERP* системи исплативи само за велика предузећа, ове системе су почеле да примењују и мала и средња предузећа.

На основу сложених захтева посматраних подсистема предузећа, може се уочити потреба за различитим групама *IS*-а. Груписање се може извршити према типу услуга (складиштење информација, реализацију трансакција, *CAPP* системе итд.), начину обраде (пакетна, *on-line* и интерактивна обрада), хардверско-софтверској структури (централизовани, децентрализовани и дистрибуирани системи), типу података, поступцима који се користе за праћење помена у реалном времену, времену одзива и подршци трансакцијама.

У протекле 2 деценије, дошло је до великих промена у свим областима савремене индустрије, у којој *IS* игра знатно већу улогу и има знатно већи утицај на унапређење перформанси производних предузећа. Када је улога *IS* успешна, то значи да је *IS* „покрио“ све битне подсистеме и постао стратегијско оруђе за реализацију пословне политике предузећа. Према томе, *IS* мора испунити следеће:

- Прикупити све чињенице (факте, знања) из производног система и стално их ажурирати у зависности од развоја пословања производног система.
- Пружити могућност одлучивања по принципу „*ex-ante*“, то јест предвиђањем утврдити утицаја донетих одлука на производни систем.

- Пружити могућност лакшег прихватања употребе других технологија. Запослени који су обучени за употребу информационих технологија, лакше и брже се споразумеју приликом решавања других питања.
- Дефинисати визију производних система за период који следи применом симулационих софтверских модула.
- Имплементирати адекватну архитектуру производног система повећањем броја директних интеракција (хоризонталних и вертикалних), при чему је потребно извршити редизајн производног предузећа.

Стратегијска улога савремених *IS* је да значајно подрже пословну стратегију предузећа. То се одражава на успостављање нове или измену постојеће политике пословања, при чему се битна улога *IS* приликом пружања подршке добављачима и крајњим купцима на вишем нивоу.

За *IS* се може рећи да има карактеристике стратегијског система уколико испуњава следеће захтеве:

- утиче на значајну промену перформанси производних система,
- потпомаже постизање пословних циљева,
- утиче на извршавање пословних активности и
- има значајан утицај на пословне процесе и активности, при чему се унапређује конкурентност предузећа и везе са пословним окружењем (крајњим купцима и добављачима).

3.2 Структура информационих система

Шире посматрано, под појмом *IS*-а подразумевају се свеукупни системи, који се користе за прикупљање, обраду, чување и размену информација. Потребно је напоменути, да је појам *IS* шири од појма информационих технологија (енгл. *Information Technology - IT*), при чему постоје *IS* који нису засновани на *IT*, међутим у овој књизи се разматрају *IS* који су засновани на примени *IT*.

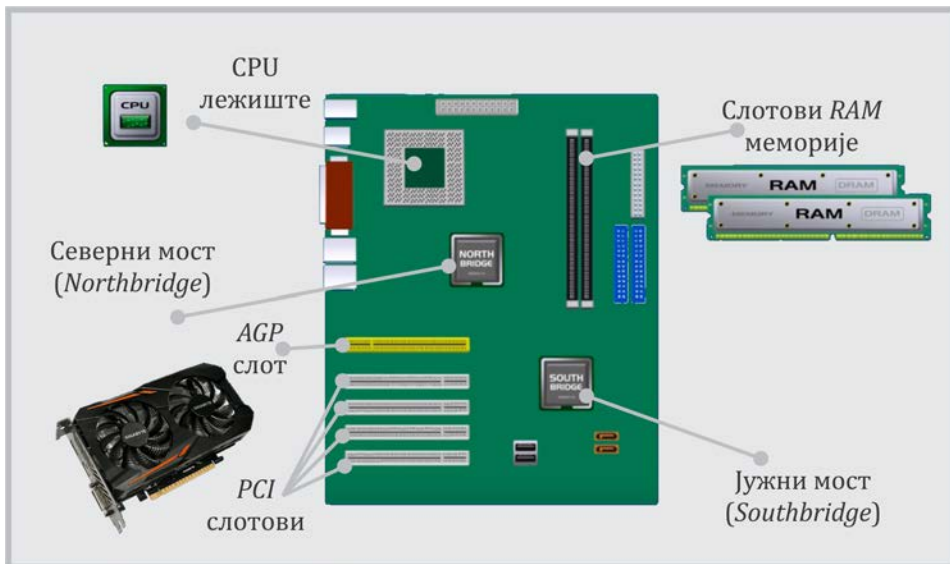
Појам *IT* подразумева технолошке чиниоце *IS*-а, а то су хардвер, комуникационе технологије, оперативни системи, мрежни софтвери,

системи за управљање базама података и други чиниоци. Често се у литератури дешава да долази до стављања знака једнакости између *IS* и *IT*, међутим то је погрешно. Иако је значај *IT* очигледан, кључни фактор успеха *IS* јесу запослени, који користи одговарајуће алате, технике и методе у подсистемима производних предузећа, како би постигли постављене циљеве.

3.2.1 Хардвер

Рачунар подразумева уређај који се употребљава за обраду података. Да би обрада података била могућа, потребно је формализовати поступак обраде на такав начин да га рачунар може разумети и извршити. Под хардвером се подразумевају све физичке компоненте рачунара које се користе за извршење рачунарских активности уноса, обраде, приказа и складиштења информација. Под физичким компонентама се подразумевају: матична плоча, централна процесорска јединица, главна меморија, улазно/излазни уређаји за интеракцију са корисником система. Битно је да хардвер може да подржи циљеве *IS* и циљеве организације.

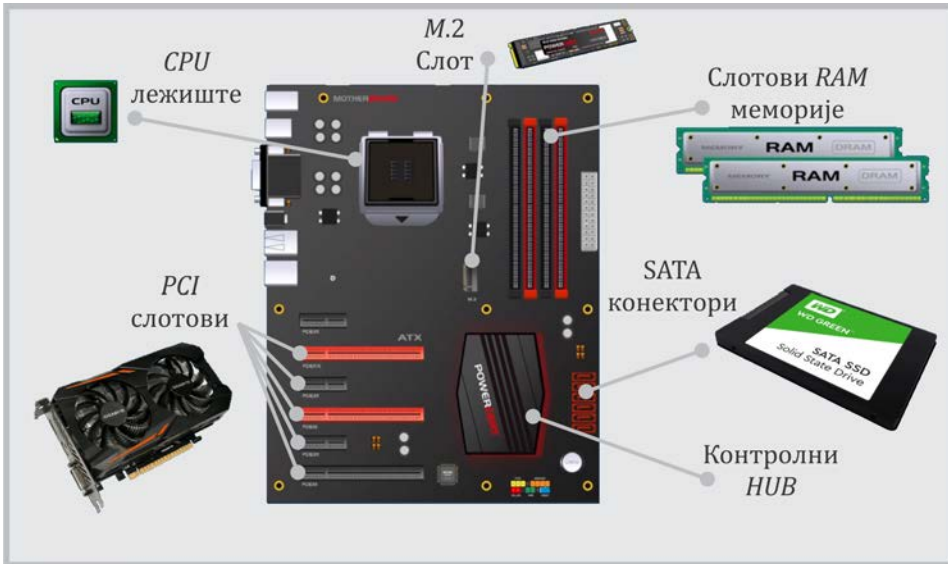
Матична плоча јесте електронска штампана плоча која се користи да повеже све остале компоненте рачунара. Плоча садржи сет управљачких чипова који се користи за контролу меморије, магистрале, улазно/излазних операција, итд. На сликама 3.3 и 3.4 приказани су изгледи раније коришћене и савремене матичне плоче, респективно. Код ранијих верзија матичних плоча, два интегрисана кола су се користила да повежу остале хардверске компоненте рачунара. Та два интегрисана кола су позната под називима северни и јужни мосту (енгл. *northbridge* и енгл. *southbridge*), позната под обједињеним називом чипсет (енгл. *chipset*). Северни мост се користи да заједно са магистралама повеже лежиште (енгл. *socket*) процесора са меморијске слотове и слот графичке карте. Јужни мост се заједно са магистралама користи да повеже *socket* процесора са улазно/излазним уређајима, хардвером који не захтева велике брзине преноса података, што укључује периферне уређаје, паралелне и серијске *ATA* прикључке и *BIOS* меморијске јединице.



Слика 3.3 Матична плоча 2000

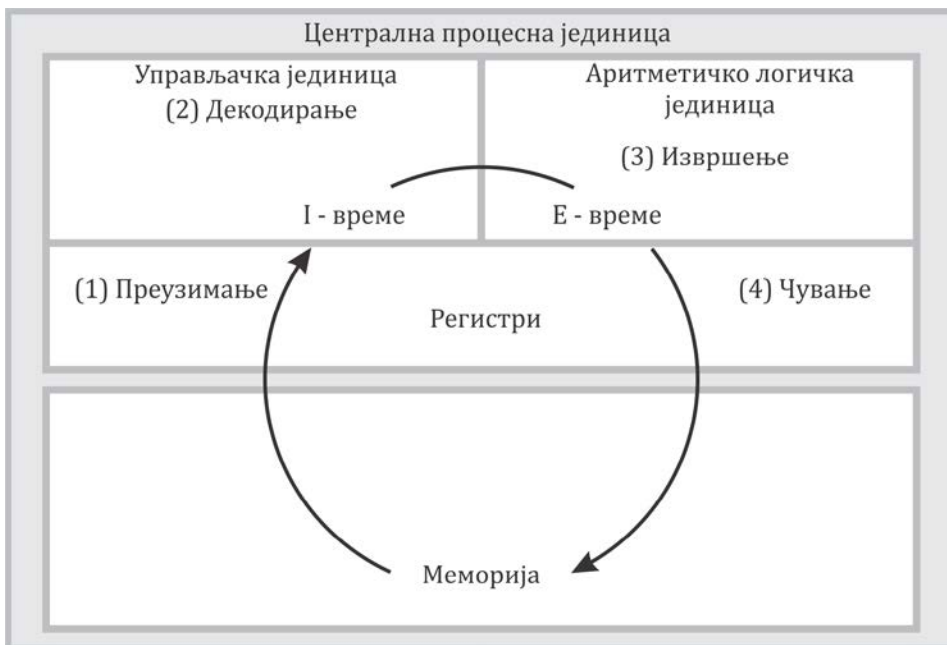
За разлику од ранијих верзија матичних плоча, код нових матичних плоча улогу северног моста преузео је *socket* процесора, док је улогу јужног моста преузео контролни *HUB*. Додатно, на модерним плочама налази се и *M.2* слот, који се користи за повезивање меморијских јединица (*SATA*) велике брзине, теоријски до 4 GB по секунди. *M.2* слот се може користити за и повезивање *WIFI* и *Bluetooth* картица.

Као што је већ напоменуто, хардверске компоненте су међусобно повезане и комуницирају помоћу подсистема магистрала, која садржи делове: 1) Магистрале података – које се користе за пренос податка између процесора, меморије и улазно/излазних уређаја, 2) Контролне магистрале – за успостављање управљачких сигнала и 3) Адресне магистрале – за адресирање.



Слика 3.4 Матична плоча 2020

Централна процесорска јединица или једноставно процесор је део рачунара, који се састоји од регистара и бројача наредби, са наменом извршавања следљивих инструкција. Меморија пружа процесору радно складиште за смештај програмских инструкција и података. Улазно/излазни уређаји се користе да рачунару дају податке и упутства и од њега примају резултате. Подаци и инструкције се преусмеравају до и од разних компоненти преко магистрале, тј. скупа електронских кола. Компоненте рачунара раде заједно на извршавању инструкција (нпр. сабирања, множења, дељења, одузимање, поређења) рачунарског програма ради остваривања циљева корисника (нпр. слање/примање е-поште, приказивање предвиђања оствареног профита, плаћање фактура). Извршавање инструкција подразумева две фазе (инструкцију и извршење) које су подељене у четири корака (слика 3.5).



Слика 3.5 Фазе извршења инструкција у централној процесној јединици (преузето из Stair & Reynolds, 2015)

Фаза инструкције:

- Преузимање инструкције. Рачунар учитава програмску инструкцију коју је потребно извршити - заједно са свим потребним подацима - и предаје је процесору.
- Декодирање инструкције. Инструкција се декодира и прослеђује у одговарајућу извршну јединицу процесора.

Фаза егзекуције:

- Извршење инструкције. Рачунар извршава инструкцију или кроз реализацију аритметичке операције, логичког поређења, померања бита или кроз извршење векторске операције.
- Чување резултата. Резултати извршених инструкција се чувају на локацијама привременог складиштења, који се називају регистри или се чувају у меморији рачунара.

Сваки процесор производи серије електронских импулса помоћу унапред одређеног радног такта. Радни такт се изражава у

гигахерцима (*GHz*), што је јединица фреквенције једнака милијарди циклуса у секунди. Многи данашњи лични рачунари раде у распону од 1 до 4 *GHz*. Што је већи радни такт, краћи су интервали између импулса, тако да се програмске инструкције могу извршити брже. Међутим, већи радни такт доводи до генерисања веће количине топлоте код процесора. Створену топлоту је потребно уклонити, како би се избегло оштећење података и инструкција које рачунар покушава да обради. Стога, процесорима који раде на вишим температурама потребни су већи топлотни регулатори (уређај или супстанца за апсорпцију прекомерне топлоте), вентилатори и друге компоненте како би се уклонила сувишна топлота. На овај начин може доћи до повећања величине и тежине рачунарског уређаја.

Друга битна хардверска компонента јесте главна меморија. Главна меморија се користи да процесору обезбеди простор за складиштење и да на упит обезбеди приступ подацима и програмским инструкцијама. Да би *IS* у производним предузећима ефикасно функционисали, потребно је уложити одговарајућа финансијска средства како би се набавила довољна количину главне меморије. Предузећима је такође потребна велика количина секундарних складиштења да би сачувале огромне количине података, које се не могу складиштити у оквиру ограничења главне меморије.

Попут процесора, меморијски уређаји садрже хиљаде струјних кола, утиснутих на силиконске чипове. Свако струјно коло или спроводи електричну струју (укључено) или је не спроводи (искључено). Подаци се чувају у меморији као комбинација укључених или искључених стања ових струјних кола. Обично се 8 бита користи за представљање знака, као што је слово А. Осам бита заједно чини један бајт (B). У већини случајева капацитет складиштења се мери у бајтовима, а један бајт је еквивалентан једном знаку података. На пример, за садржај већих библиотеке, са преко 100 милиона библиотетских јединица и 500 метара полица, потребно би било око 20 пета бајта дигиталне меморије. Процењује се да би све речи које су икад људи изговарали у текстуалном облику заузеле меморијски простор од око 5 егзабајта. Табела 3.1 наводи јединице за мерење рачунарске меморије.

Табела 3.1 Мерне јединице рачунарске меморије

Назив	Скраћеница	Број битова
Бајт	<i>B</i>	1
Килобајт	<i>KB</i>	1024
Мегабајт	<i>MB</i>	1024 ²
Гигабајт	<i>GB</i>	1024 ³
Терабајт	<i>TB</i>	1024 ⁴
Петабајт	<i>PB</i>	1024 ⁵
Егзабајт	<i>EB</i>	1024 ⁶
Зетабајт	<i>ZB</i>	1024 ⁷
Јотабајт	<i>YB</i>	1024 ⁸

Рачунарска меморија може имати неколико форми. Инструкције и подаци се могу привремено складиштити и читати из меморије са случајним приступом (енгл. *Random Access Memory - RAM*) меморије. Тренутни трендови развоја су такви да су *RAM* чипови уређаји за привремено складиштење. То значи да губе садржај уколико се струја искључи или прекине, што може бити узроковано високим напоном, и др. *RAM* чипови се налазе директно на главној плочи рачунара или у другим чиповима монтираним на периферним картицама, које се прикључују на главну плочу. *RAM* чипови састоје се од милиона струјних кола, који су осетљиви на промене електричне струје.

Иако се брзина микропроцесора отприлике удвостручи на свака 24 месеца током последњих неколико деценија, перформансе меморије нису држале корак. Заправо, меморија је постала главно уско грло у перформансама система. Како би се ово уско грло превазишло, користи се кеш меморија, тј. врста меморије велике брзине којој процесор може приступити брже него ли главној меморији. Подаци који се често користе складиште се у лако доступној кеш меморији уместо у споријој меморију, попут *RAM*-а. Будући да кеш меморија садржи мање података, процесор може приступити жељеним

подацима и инструкцијама брже него кад приступа већем скупу података и инструкција из примарне меморије.

„Меморија само за читање“ (енгл. *Read-Only Memory - ROM*) је врста меморије која је неисцрпна, што значи да се њен садржај не губи ако је напајање искључено или прекинуто. *ROM* обезбеђује трајно складиштење података и инструкција која се не мењају, као што су програми и подаци произвођача рачунара, укључујући упутства која говоре рачунару како да се покрене када је напајање укључено. *ROM* меморија долази у неколико варијанти. Програмабилна меморија само за читање (*PROM*) користи се за чување података и упутстава која се никада не могу мењати. Програмабилна меморија само за читање и брисање (*EEPROM*) је меморија за читање која се може прилагодити кориснику и која се може више пута избрисати и репрограмирати применом већег напона од уобичајеног. *EEPROM* захтева да се подаци уписују или бришу бајт по бајт.

Меморијске јединице представљају део сваког рачунара за складиштење података. Раније су се користиле магнетне траке, док се данас за меморисање података користе магнетни дискови, тј. тврди (енгл. *hard*) дискови. *Hard* диск складишти битове података на малим магнетизованим сегментима стазама на површини тврдох округлих плоча у концентричним круговима и користи уписно/читајућу главу како би се директно дошло до жељених битова података. Будући да директан приступ омогућава брзо проналажење података, ову врсту складишта користе организације које морају брзо да одговоре на захтеве клијената.

Ширина стазе, на којим се подаци чувају, је исте ширине као уписно-читајућа глава. Стазе су међусобно одвојене празним простором, с тим што је свака стаза подељена на више сектора. Сваки *hard* диск састоји се из више плоча и поседује константну угаону брзину. Основна карактеристике диска јесте време приступа подацима, које се састоји од времена сваке појединачне акције при читању података са диска.

Полупроводнички диск (енгл. *solid state storage device - SSD*) чува податке помоћу интегрисаних склопова кола. Интегрисана кола захтевају утрошак мање количине енергије и пружају знатно бржи приступ подацима у односу на *hard* дискове. Такође, *SSD* нема механичке делове који се крећу, тако да су мање крхки од *hard* дискова. Наведени фактори чине да *SSD* преузму примат и буду преферирани избор у односу на *hard* дискове.

Дискови који се повезују помоћу универзалне серијске магистрале (енгл. *Universal Serial Bus - USB*) представљају пример свакидашње употребе *SSD* дискова. *USB* дискови представљају екстерне уклоњиве меморијске јединице, на којим се подаци могу једноставно чувати и брисати у више наврата. Већина *USB* дискова тешка је мање од 30 грама, при томе пружају велики простор за складиштење података. *Samsung* је развио *SSD* диск са меморијским простором од 15.36 терабајта, који поседује 48 слојева. И заснован је на тродимензионалној технологији. Ова технологија омогућава вертикално слагање ћелија, тако да је потребно мање простора за складиштење података. Такође побољшава перформансе и захтева мање енергије.

Мрежа за складиштење податка (енгл. *Storage Area Network - SAN*) представља специјалну врсту брзе мреже, која интегрише различите типове уређаја за складиштење података (тј. *hard* дискове, магнетне траке, *SSD* дискове, итд.) у један јединствени систем за складиштење податка и повезује тај систем са рачунарским јединицама, које се налазе у читавој организацији. *SAN* мреже могу да пруже важне могућности као што су прављење резервних копија података и обнављање података, архивирање података, миграције података са једног уређаја на други и дељење података између рачунарских уређаја повезаних на мрежу.

Складиштење као услуга је модел за складиштење података у којем добављач услуга складиштења података изнајмљује простор људима и организацијама. Корисници приступају свом изнајмљеном складишту података путем Интернета. Такав сервис омогућава

корисницима да чувају и стварају резервне копије својих података, без великих улагања у стварање и одржавање сопствене инфраструктуре за чување података. Предузећа такође могу одабрати услуге путем којих плаћају простор на масивним уређајима за складиштење који су смештени или код провајдера услуга складиштења (као што су *Hewlett-Packard* или *IBM*) или у просторијама купца, при чему плаћају само за количину меморије складиштења коју користе. Овај приступ има смисла за многе организације, посебно за оне са великим променама када су у питању потреба за складиштењем података.

Све чешће, појединци и организације очекују да ће моћи да приступе подацима, документима, базама података, презентацијама и прорачунским табелама са било ког места, са било којом врстом уређаја попут паметних телефона, таблета или лаптопова преко Интернета. Као одговор на ову потребу, појавиле су се бројне услуге складиштења засноване на *cloud* технологији, укључујући *Amazon-ов Elastic Compute Cloud*, *Apple iCloud*, *Dropbox*, *Google Drive*, *Microsoft SkyDrive* и *Mozy*.

Amazon-ова услуга једноставног складиштења (*Amazon S3*) омогућава претплатницима да отпремају, чувају и преузимају податке. *Amazon S3* чува претплатничке податке као објекте унутар ресурса које назива "корпама" (енгл. *buckets*). Претплатници могу одабрати да своје податке означе приватним или да их учине јавно доступним. Претплатници такође могу да одаберу поступак криптовања података пре складиштења и могу да контролишу ко може да ствара, брише и преузима предмете из њихових корпи. Подаци претплатника се чувају на редувантним серверима у више различитих центара, јер се на тај начин обезбеђује заштита од случајног губитка података или природних катастрофа.

Улазно/излазни уређаји представљају уређаје који се користе за комуникацију између рачунара и окружења (монитор, тастатура, миш, штампач, скенер...). Улазно/излазни који су у употреби у производним предузећима се разликују од уређаја у кућним условима. Чест је случај употребе екрана који делују на додир (енгл. *touch screen*), тако да

корисници додиром екрана могу извршити избор одређене опције који је потребно реализовати. Као улазни уређаји могу се употребити читачи бар код налепница, *smart* налепница или *RFID* тагова. Као излазни уређаји могу се користити штампачи бар код налепница.

Сваком екстерном уређају, који остварује комуникацију са рачунаром, потребно је доделити одређену улазно/излазну *I/O* адресу. *I/O* адреса јесте хексадецимална адреса меморијског подручја, која се користи од стране екстерних уређаја за размену информација са осталим уређајима система. За квалитетно функционисање екстерних уређаја примењује се метода директног приступа меморији (енгл. *Direct Memory Access – DMA*). *DMA* се користи се користи за повезивање са главном меморијом систем и складиштење података без употребе процесора, тако да се процесор може употребити за друге операције. *DMA* методом подаци се преносе ка посебној области меморије, познатој под називом *buffer*.

3.2.2 Софтвер

Софтвер се може дефинисати као скуп инструкција или програма на основу којих хардвер реализује одређене операције (нпр. обрада података). Опште гледано најшира подела софтвера је на две велике групе, а то су:

- Системски софтвер, и
- Апликативни софтвер.

Основна сврха системског софтвера је да помоћу одређеног скупа инструкција повеже хардвер и апликативни софтвер. Састоји се од скупа програма који се користе за контролу и подршку раду рачунарског система. Основни задатак системског софтвера је да пружи подршку раду апликативног софтвера, кроз управљање основним функцијама рачунара. Сходно томе, примера ради, при укључивању рачунара, један од програма системског софтвера (програм иницијализације) припрема и иницира рад свих уређаја рачунара, тако да је рачунар спреман за обраду података која следи.

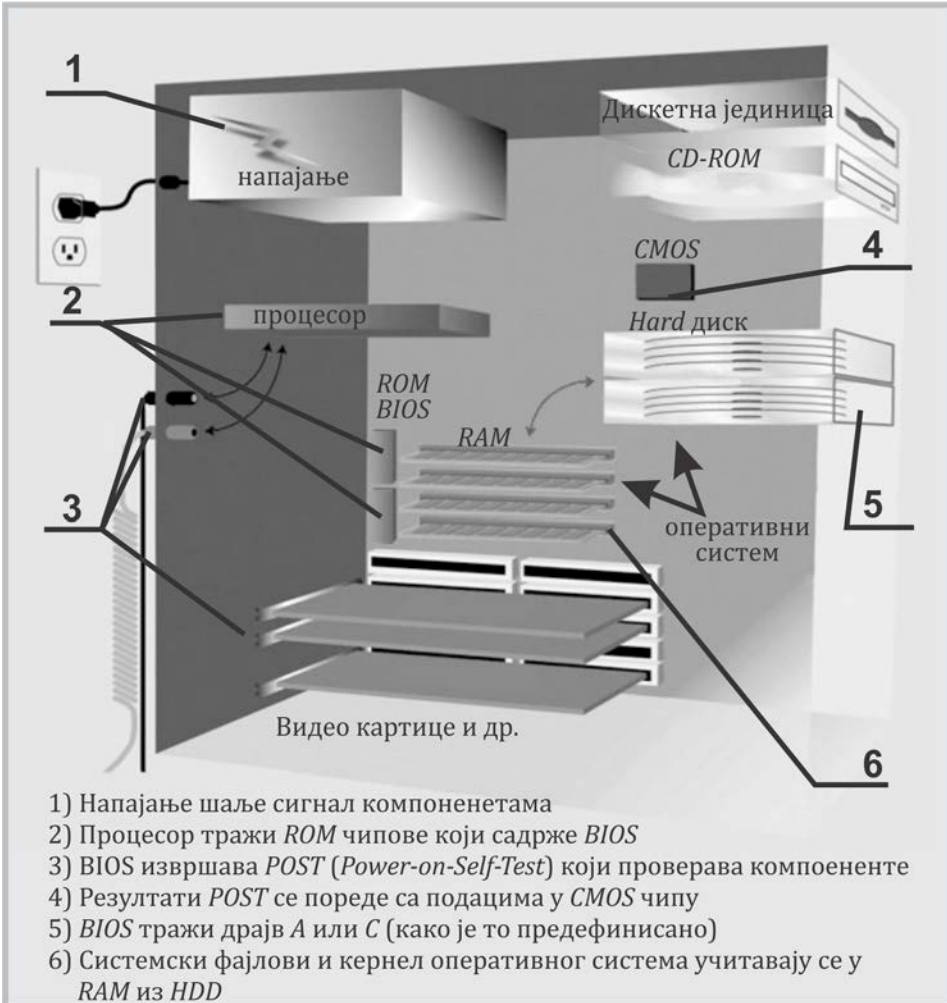
Системски софтвер се може даље поделити на одговарајуће групе:

- Оперативне системе, који обухватају програме за управљање хардвером, апликативном софтвером и информационим ресурсима у поступцима обраде података. Системске функције оперативног система су следеће:
 - покретање и терминирање програма и дељење ресурса процесора,
 - управљање меморијом,
 - управљање улазно/излазним уређајима,
 - управљање системима датотека и фајлова,
 - заштита података,
 - комуникација са другим рачунарима у мрежи, и
 - управљање грешкама и опоравком система.
- Софтвер за подршку систему, чија је основна функција пружање подршке операцијама које изводе корисници приликом коришћења рачунара.
- Софтвер за развој система, укључује све програме који се користе за развој апликативног софтвера и поступака за њихову употребу. Представници ових софтвера су интерпретери, компајлери и преводиоци.

Слика 3.6., на следећој страници, приказује поступак покретања оперативног система од тренутка укључивања рачунара до учитавања језгра оперативног система, тј. *kernel*-а.

Апликативни софтвер представља скуп инструкција дефинисаних у неком од програмских језика у циљу задовољења захтева неке специфичне области примене (апликације) или задовољења захтева корисника. По чему је ова група софтвера и добила свој назив. Поред назива апликативни софтвер, користе се и алтернативни називи попут назива пакет апликација или апликација. У групу апликативних софтвера спадају: обрада података, текста, графике, електронске табеле и мултимедијални и комуникациони алати, итд.

Варијације апликативног софтвера су условљене потребама и пословним окружењем корисника, или пословног система, на основу којих се пројектују.



Слика 3.6 Покретање персоналног рачунара (преузето из Стефановић 2006)

Сви апликативни софтвери се креирају помоћу одговарајућих програмских језика, у зависности од намене апликације. Програмски језици се користе за креирање и апликативних и системских софтвера, са непромењеном функцијом давања инструкција рачунару за обављање одређених активности. Све програмске инструкције

написане помоћу програмских језика, морају бити преведене у инструкције које су разумљиве рачунару, тј. морају бити преведене у машински језик.

Машински језик је језик рачунара, при чему су све инструкције и подаци предати рачунару као комбинација дискретних величина (0 и 1). Машински језик спада у групу иницијалне генерацију програмских језика. Захтевао је доста уложеног труда и рад за програмирање једноставних инструкција, јер није био оријентисан ка програмеру, већ ка рачунару. Скупови инструкција написани у машинском језику називају се изворним програмима, док се скупови инструкција које су преведене у машински језик називају објектним програмима. Другу групу језика чине нижи програмски језици названи асемблери, који машински језик представљају људима у читљивом облику. Асемблери се користе да прихвате улазне изворне програме и да их на излазу преведу у објектне програме, тај поступак се назива асемблирање (енгл. *assembling*).

Језике вишег нивоа подразумевају: процедуралне и непроцедуралне језике, компајлере и интерпретере, и природни језик.

Узимајући у обзир убрзан развој информacionих технологија и система, од софтверских решења се очекује да пружи: већу отвореност и сигурност система, одговорност за податке, једноставност примене, и ниске трошкове развоја и одржавања.

3.3 Рачунарске мреже

Израз рачунарска мрежа у најширем смислу представља усклађен рад повезаних ресурса рачунарских система са основним циљем размене података. Додатно, рачунарске мреже, засноване на клијент-сервер или *peer-to-peer* архитектури, омогућавају коришћење различитих рачунарских компоненти, пратеће опреме и апликација, већем броју корисника независно од њихове тренутне локације. Сходно наведеном, може се рећи да је њихова општа идеја да омогуће комуникацију већем броју уређаја

Према основним карактеристикама, простору који покривају и трошковима инсталације и одржавања, мреже се могу поделити у три основне групе, и то на: локалне мреже (енгл. *Local Area Network - LAN*), градске рачунарске мреже (енгл. *Metropolitan area network - MAN*) и

глобалне мреже (енгл. *Wide Area Network - WAN*). Пример мрежа које се могу успоставити приказан је на слици 3.7.

Уколико се рачунарски ресурси налазе на одстојању од неколико центиметара или метара, размена податка се врши помоћу такозване системске магистрале. Таква мрежа, високе пропусне моћи, се обично назива микропроцесорски рачунарски систем.



Слика 3.7 Рачунарске мреже (преузето и модификовано из Baltzan, 2014)

Уколико је растојање између повезаних рачунарских система веће од неколико метара, па чак и километара, таква мрежа је представник групе локалних рачунарских мрежа *LAN*. Карактеришу их ограничен простор, специфични медијуми за пренос података и велика брзина протока. Брзина успостављања комуникације и

топологија мреже су условљени применом међународно стандардизованих технологија, попут *Ethernet*, *Token Ring*, *FDDI* или *Wireless*. Најчешће коришћени стандарди који се односе на рад локалних рачунарских мрежа развијени су од стране америчког Института инжењера електротехнике и електронике (енгл. *Institute of Electrical and Electronics Engineers - IEEE*). Тренутно активни стандарди који одређују рад локалних мрежа су *Ethernet 802.3* и *Wireless 802.11*. Као физички медијуми за функционисање мреже користе се коаксијални каблови (упоредна пара или оптичко влакно) и рутери (енгл. *ruter*) (предефинисаног опсега рада).

Градске рачунарске мреже су добиле назив на основу свог опсега дејства. Више повезаних *LAN* мрежа чине *MAN* мрежу.

Уколико су рачунарске системи удаљени толико да није могуће извршити непосредно рационално повезивање, онда се користи телекомуникациона инфраструктура. Тада се говори о глобалним рачунарским мрежама, тј. рачунарским мрежама на даљину *WAN*.

Рачунарске мреже се могу међусобно повезивати, могу се реализовати различите комбинације мрежа са различитим топологијама рада. На првом *ISO OSI* слоју за повезивање се употребљава репетитор (*ripiter*), док се за повезивање на другом *ISO OSI* слоју користи мост (*bridge*). Трећи слој за повезивање користи рутер. Стандардни назив уређаја који се користи на вишим *ISO OSI* слојевима за повезивање рачунарских мрежа јесте капија (енгл. *gateway*).

Мреже могу бити засноване на различитим типовима топологија, најчешће коришћене су:

- *Bus* топологија. Код *bus* топологија главни вод је магистрала, која представља кичму мреже и дуж кога су одређених размацама повезани рачунари.
- Мрежаста топологија. Ова топологија чини посебну врсту веза од чвора до чвора, у којој постоји минимум две директне путање до сваког чвора.
- Топологија звезде. Топологија звезде подразумева повезаност свих рачунара са централним уређајем. Сви

рачунари су повезани посебним кабловима са централним уређајем.

- Топологија прстена. Уколико се користи топологија прстена, рачунари су међусобно повезани, тако да чине физички круг, у којем информације путују у једном смеру.
- Топологија стабла. У топологији стабла рачунари су повезани у виду разгранатог стабла. Рад кабловских оператера заснован је на примени топологије стабла, јер се мрежа може лако проширити, једноставним додавањем нове гране. Додатно, изоловање гране услед појаве грешке, је такође једноставно.

3.3.1 Мрежни протоколи

Протоколи, тј. процедуре, представљају дефинисана правила на основу којих се остварује проток података, односно пакета података у оквиру одређене топологије мреже. Може се рећи да протоколи указују на то како чворови и сервери у мрежи комуницирају међусобно.

ISO/OSI

Међународна организација за стандардизацију *ISO* је 1997. успоставила огранак за дефинисање стандарда за повезивање хетерогених рачунара, како се увео реду у поступке умрежавања. Рад огранка резултирао је стварањем референтног модела (енгл. *Open System Interconnection - OSI*), који поседује седам слојева (Табела 3.2).

Табела 3.2 Карактеристике OSI референтног модела

OSI слојеви	Опис	Јединица
Апликациони слој (енгл. <i>Physical Layer</i>)	Апликациони слој је највиши слој који, под надзором корисника, прецизира мрежне апликације помоћу којих се пружа подршка сервисирању датотека. Ниво који ступа у комуникацију са човеком.	Податак
Слој презентације (енгл. <i>Physical Layer</i>)	Слој презентације прецизира поступке превођења типова и синтакси у мрежи. Задатак му је да преведе кодирани делове и да пружи потпору контролним секвенцама и криптографији.	Податак
Слој сесије (енгл. <i>Physical Layer</i>)	Слој сесије прецизира интерфејс између апликативног и транспортног слоја. Слој се користи да адресе и имена пресликава у мрежи, обезбеђује креирање сесија између две апликације и идентификује трансакције.	Податак
Транспортни слој (енгл. <i>Physical Layer</i>)	Транспортни слој прецизира адресе чворова и осигурава пут између истих. Поред тога, овај слој контролише исправност садржаја пакетног преноса и опоравак након прекида мреже.	Сегмент Датаграм
Мрежни слој (енгл. <i>Physical Layer</i>)	Мрежни слој прецизира адресе и логичке путање преноса између појединачних чворова у мрежи. Овај слој треба да спречи загушење мреже, надзор и прикупљање статистичких података.	Пакет
Слој везе (енгл. <i>Data Link Layer</i>)	Слој везе се користи за дефинисање контролних механизма приступа мрежи и типове пакета пре њиховог прослеђивања кроз мрежу.	Фрејм (Оквир)
Физички слој (енгл. <i>Physical Layer</i>)	Физички слој је најнижи слој који дефинише електричне и механичке карактеристике средстава за пренос (конектори, каблови итд.) Задатак слоја јесте трансмисија сигнала за све више слојеве мреже.	Бит

FTP протоколи

Уколико рачунари који користе исти протокол могу лако комуницирати, пружајући приступачност, скалабилност и повезаност између мрежа. На пример, протокол за пренос датотека (енгл. *File transfer protocol - FTP*) је једноставан мрежни протокол који омогућава пренос датотека између два рачунара на Интернету. Да би пренео датотеке помоћу *FTP*-а, програм *FTP* клијента иницира везу са удаљеним рачунаром на коме је покренут *FTP* сервер. Након успостављања везе клијент може да одабере слање и/или примање датотека електронским путем. Технологије приступа мрежи користе стандардни интернет протокол који се зове протокол за контролу преноса/Интернет протокол (енгл. *transmission control protocol/Internet protocol - TCP/IP*), који пружа техничку основу за јавни Интернет саобраћај као и за велики број приватних мрежа. Један од примарних разлога за развој *TCP/IP*-а био је омогућавање разноврсних или различитих мрежа за повезивање и комуникацију једне с другом, у основи омогућавајући *LAN*, *WAN* и *MAN* мрежама да расту са сваком новом везом. *IP* адреса је јединствени број који идентификује где се рачунари налазе на мрежи. *IP* адресе се појављују у облику xxx.xxx.xxx.xxx.

TCP/IP представља скуп мрежних протокола. Основни протоколи који припадају ово скупу су: *FTP* (пренос података), *TCP* (управљање преносом), *IP* (усмеравање и испорука података), *UOP* (пренос датограма), *SMTP* (за слање *e-mail*), *SNMP* (управљање мрежним услугама), *TELENT* (емулација терминала.)

TCP (*TCP* део *TCP/IP*) проверава исправност испоруке података, јер подаци могу бити оштећени током преноса преко мреже. *TCP* осигурава да је величина пакета података иста током целог преноса и чак може поново да пренесе податке док се не испоруче исправно. *IP* (*TCP* део *TCP/IP*) проверава да ли се подаци шаљу на исправну *IP* адресу, бројеви представљени у четири низа бројева у распону од 0 до 255 одвојена тачкама. На пример, *IP* адреса *www.apple.com* је 97.17.237.15.

Питања за обнављање градива

1. Објаснити компоненте информационих система.
2. Како се могу класификовати информациони системи?
3. Како се може поделити меморија код рачунара?
4. Како се може поделити софтвер?
5. Објаснити поделу рачунарских мрежа на основу простора који покривају.
6. Које су топологије рачунарских мрежа?
7. Шта су протоколи, описати *ISO/OSI* референтни модел.

Литература

1. BALTZAN, Paige, et al., *Business driven information systems*. New York: McGraw-Hill/Irwin, 2008, ISBN-10: 9780073402987.
2. ELBASANI, Ermal; SIRIPORN, Pattamaset; CHOI, Jae Sung, A Survey on RFID in Industry 4.0. In: *Internet of Things for Industry 4.0*. Springer, Cham, 2020. p. 1-16.
3. GUNASEKARAN, Angappa; NGAI, Eric WT. Information systems in supply chain integration and management. *European journal of operational research*, 2004, 159.2: 269-295.
4. HAAG, Stephen; CUMMINGS, Maeve, *Management information systems for the information age*. McGraw-Hill, Inc., New York, NY, USA, 2009, ISBN 978-0-07-337678-3.
5. KARYGIANNIS, Tom, et al., Guidelines for securing radio frequency identification (RFID) systems. *NIST Special publication*, 2007, Vol. 80, str. 1-154.
6. LAUDON, Kenneth C., LAUDON, Jane P., *Management information systems*. Upper Saddle River: Pearson, New York, NY, USA, 2020, ISBN 978-0-13519-263-4.
7. O'BRIEN, James A.; MARAKAS, George M., *Introduction to information systems*. McGraw-Hill/Irwin, New York, NY, USA, 2005.
8. STAIR, Ralph; REYNOLDS, George, *Principles of information systems*. Cengage Learning, 2015.
9. ПЕРОВИЋ, Милан, АРСОВСКИ, Славко, АРСОВСКИ, Зора, *Производни системи*. Машински факултет Крагујевац, Крагујевац, 1996, ИСБН 86-23-43035-2.
10. СТЕФАНОВИЋ, Миладин, *ЦИМ системи*. Машински факултет Крагујевац, Крагујевац, 2006, ИСБН 86-80581-96-8.

Поглавље 4.

ПЛАНИРАЊЕ РЕСУРСА У ПРОИЗВОДНОМ СИСТЕМУ

Циљеви	Структура поглавља
После читања овог поглавља бићете оспособљени да:	
1. Објаснити основне функционалности <i>ERP</i> система	4.1 Појам и преглед <i>ERP</i> система
2. Анализирате методе за управљање залихам	4.2 Методе за управљање залихама на којима почива транзиција од <i>MRP I</i> до <i>ERP IV</i>
3. Објасните предности које <i>ERP</i> систем пружа	4.3 Циљеви <i>ERP</i> система
4. Објасните основне модуле <i>ERP</i> система	4.4 Архитектура <i>ERP</i> система
5. Оцените поступак имплементације готових <i>ERP</i> решења	4.5 Имплементација <i>ERP</i> система
6. Оцените поступак имплементације готових <i>ERP</i> решења у малим и средњим предузећима	4.6 <i>Имплементација ERP система у малим и средњим предузећима</i>
7. Упознавање са основним карактеристикама <i>SAP S4/HANA ERP</i> решења	4.7 <i>SAP S4/HANA ERP</i> систем

4.1 Појам и преглед *ERP* система

Да би се одржала и даље развијала, производна предузећа се морају суочити са информациони захтевима свих заинтересованих страна које укључују запослене, менаџере, лидере, акционаре, добављаче, потенцијалне и крајње кориснике. Према томе, у производним предузећима потребно је дизајнирати информациони систем који би прикупљао податке и пружао жељене информације свим заинтересованим странама. У том случају, пословне процесе потребно је организовати на такав начин да се у њима користе ти дизајнирати системи, тако да може бити омогућено ефикасно функционисање и побољшање укупних перформанси целокупног предузећа. Први информациони системи са овим карактеристикама били су системи за планирање потреба материјала (енгл. *Material Requirements Planning - MRP*). Под појмом *MRP* подразумевају се рачунарски системи који су користили за унапређење контроле залиха и система за планирање производње. Њихова употреба заснивала се на креирању предлога за издавања радних налога, издавања налога за куповину и за планирање производње. Приликом планирања набавке, користили су се за одређивање количине и врсте материјала који треба набавити и у ком тренутку материјал треба набавити. *MRP* системи били су доста скупи и захтевали су снажне серверске рачунаре, што је значило да је њихова употреба ограничена на велике компаније.

У следећој фази развијени су системи за планирање производних ресурса (енгл. *Manufacturing Resource Planing - MRP II*). *MRP II* су се користили за ефикасно планирање свих ресурса производне компаније. Њихов рад се заснивао на процесирању и интегрисању података, на основу којих је било могуће доносити ефикасне одлуке.

MRP II (слика 4.1) састоји се из:

1. Планирања оперативне стратегије,
2. Планирања потребних ресурса,
3. Планирања продаје и оперативних активности,

4. Грубог планирања захтева за капацитетима,
5. Дефинисања главног плана производње,
6. Планирања захтева за капацитетима,
7. *MRP*,
8. Анализе улаза и излаза,
9. Управљања и контрола обрадних и израдних процеса.



Слика 4.1 *MRP II* поступак примене (преузето из: *Bozutti & Esposto, 2019*)

MRP и *MRP II* представљају претходнике данас актуелних система за планирање ресурса у предузећима (енгл. *Enterprise Resource Planning - ERP*). На слици 4.2 могу се уочити фазе развоја система за планирање ресурса.

За *ERP* системе се може рећи да представљају наставак употребе и проширења *MRP II* концепта кроз додавање функционалности за управљање финансијским, људским ресурсима (енгл. *Human Resources Management - HRM*) и дистрибуцијом производње. На основу наведених чињеница, *ERP* се може посматрати као процес интегрисања свих

података, процеса пословних функција у интегрисан и унификован систем.



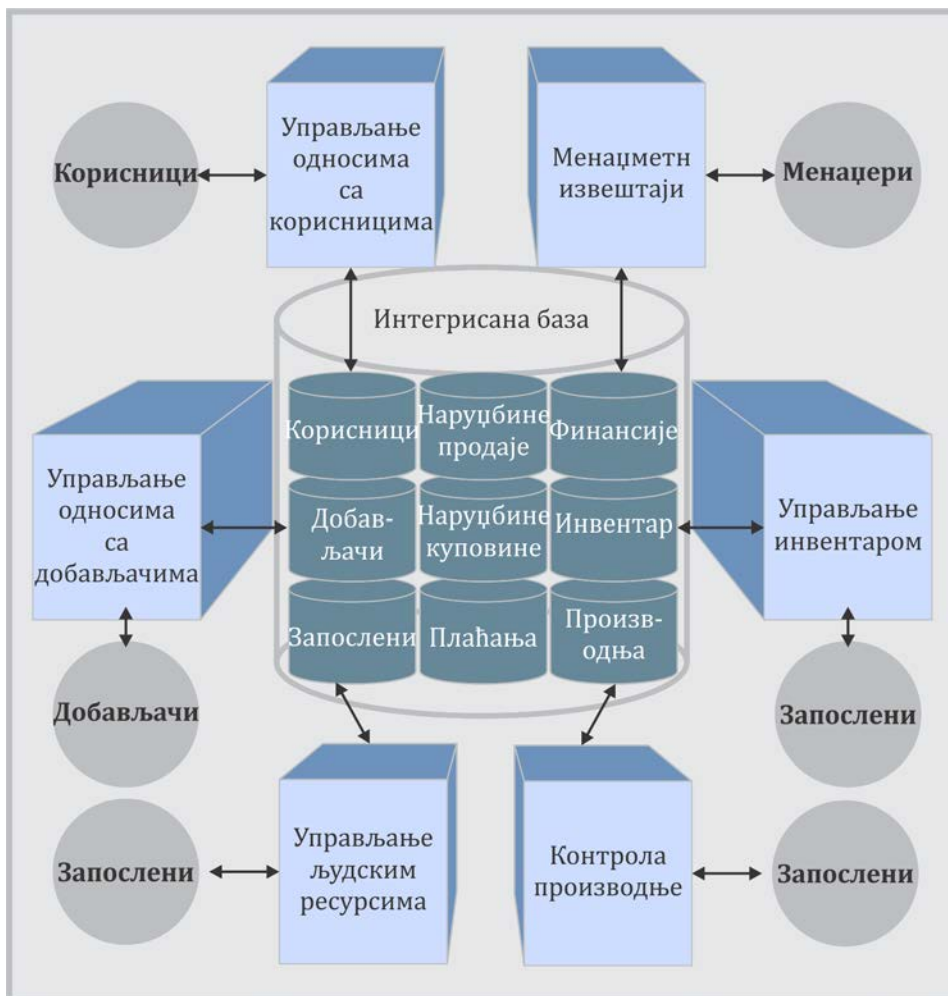
Слика 4.2 Развој система за планирање ресурса (преузето са веб странице: <https://www.ERP-information.com/history-of-ERP.html>)

У овом интегрисаном систему различите компоненте софтвера и хардвера брину о различитим пословним процесима, како би се остварила интеграција. Пословни процеси су груписани у различите моделе, а различите компоненте *ERP*-а дизајниране су тако да свака компонента софтвера може да се брине о независном моделу. Сви ови модели су коначно интегрисани да се у и изван организације пруже јединствене информације. Основни концепт и један од кључних елемената коришћења овог обједињеног система је употреба једне базе података у којој се складиште подаци који се процесирају у различитим модулима организације или предузећа.

Иако је употреба *ERP* система у почетку била резервисана само за производне системе, данас је знатно шири. Са брзим растом *e*-трговине и *e*-пословања током последњих година, и растом популарности концепата као што су управљање ланцем снабдевања, управљање односима са купцима, све више предузећа из различитих сектора акценат ставља на употребу *ERP* система (слика 4.3).

Предности употребе *ERP* система су бројне. Пре свега, једна тачка уноса података помаже у смањењу залиха података уз уштеду времена запослених на уносу података, смањујући на тај начин неопходну радну снагу и трошкове одржавања. Централизација информација, доношења одлука и контроле доводи до повећања ефикасности операција и продуктивности, као и координације између одељења, региона, па чак и прекоокеанских активности. Ово се посебно односи

на мултинационалне корпорације, за које би глобална интеграција могла резултирати бољом комуникацијом и координацијом широм света.



Слика 4.3 Типичан ERP пакет (преузето из: Veynon-Davies, 2013)

Дељење централизоване базе података омогућава менаџерима предузећа тачне и ажурне информације са којима могу доносити добро информисане пословне одлуке. Надаље, смањује се сувишност података уз побољшање интегритета података. Додатно, функционална интеграција обједињује све врсте података, попут финансијских, производних и продајних. *ERP* је посебно важан за

компаније које су „интимно повезане“ са својим добављачима и купцима и које користе електронску размену података за електроничку обраду продајних трансакција. Стога је примена *ERP*-а изузетно корисна за предузећа као што су производни погони који масовно реализују производе са малим променама. Даљи развој *ERP* система довео је до појаве концепта *ERP II* (проширеног *ERP*-а), *ERP III* мобилних система у *cloud* окружењу и до појаве *ERP. ERP II, III* и *VI* системи се могу посматрати као надградња *ERP I* система (*Bytniewski et al., 2020*). У табели 4.1 представљене су појединости које представљају разлике између *ERP I, II, III* и *VI* системи.

Настанком *ERP II* система, функционалности *ERP I* система су проширене употребом Интернет технологија и модулима за планирање ланца снабдевања (енгл. *Supply Chain Planning – SCP*), извршење ланца снабдевања (енгл. *Supply Chain Execution – SCE*), управљање ланцима снабдевања (енгл. *Supply Chain Management – SCM*), управљање целокупном имовином предузећа (енгл. *Enterprise asset management – EAM*) и управљање животним циклусом производа (енгл. *Product Life Management – PLM*). *ERP III* проширује *ERP II* и нагласак ставља на употребу Интернет технологија на мобилним уређајима. Све функционалности и технологије *ERP III* проширене решењима која користе вештачку интелигенцију (енгл. *Artificial Intelligence – AI*), управљање стварима преко интернета (енгл. *Internet of Things – IoT*), *big data*, управљање великим количинама података, Индустрију 4.0 (И4.0) представљају *ERP IV* системе. *ERP IV* углавном долазе у виду платформи софтвера као услуге (енгл. *Software as a Service – SaaS*) постављеним на безбедним и сигурним *cloud* инфраструктурама. *ERP I, II, III* и *VI* формирају информациони темељ предузећа, на основу којег се могу извршити размена информација и повезати различите функције предузећа. Поступак увођења *ERP* система је сложен и захтева: јасно дефинисане и постављене пословне циљеве, подршку топ менаџмента и мотивисаност свих запослених да у складу са својим положајем и компетенцијама буду укључени у поступак увођења истог.

Табела 4.1 Разлике између *ERP I, II, III* и *VI* система (Bytniewski et al. 2020)

Особина	<i>ERP I</i>	<i>ERP II</i>	<i>ERP III</i>	<i>ERP IV</i>
Улога	Оптимизација ресурса	Оптимизација ресурса, учешће у ланцу снабдевања, е-трговина	Оптимизација ресурса, учешће у ланцу снабдевања, е-трговина	Као и <i>ERP III</i> уз аутоматско генерисање и имплементацију одлука,
Домен примене	Производња и дистрибуција	Све гране индустрије и сегменти маркетинга	Све гране индустрије и сегменти маркетинга, организације за заштиту животне средине	Све гране индустрије и сегменти маркетинга, организације за заштиту животне средине
Архитектура	Затворена, није заснована на примени мреже, монолитичка	Отворена, заснована на веб технологијама, компонентна	Заснована на већем броју различитих врста мрежа (жичних и бежичних)	Као и <i>ERP III</i> уз могућност само адаптације и модификације понашања
Подаци	Интерно генерисање и употреба	Доступни интерно и екстерно на местима где постоји могућност остваривања жичних веза	Доступни интерно и екстерно на свим местима у реалном времену	Дељени свугде, и могу бити трансформисани у знање
Употреба информационе технологије	Локалне рачунарске мреже	Интерне мреже (доминирају жичне мреже)	Жичне и бежичне Интернет мреже (употреба мобилних уређаја)	Као и <i>ERP III</i> уз примену рачунарства у магли (енгл. <i>fog computing</i>) и <i>IoT</i>
Технологије у софтверима	Интерне базе података, складишта база података	Интерне базе података уз екстерне изворе, складишта података	Вештачка интелигенција, <i>big data</i>	Вештачка интелигенција, <i>big data</i> , управљање великим количинама података
Одвијање активности	Процесирање у организацији	Процесирање у организацији	Процесирање у организацији и у <i>cloud</i> окружењу	Процесирање у организацији, али је примат дат процесирању у <i>cloud</i> окружењу и <i>fog computing</i>

Коначно, потребно је да пословни процеси предузећа одговарају информационим процесима који су подржани *ERP* системом. Да би се увођење система извршило, потребно је приступити реинжењерингу пословних процеса на основу „најбоље пракса“, која је подржана у *ERP* и са друге стране извршити прилагођавање и подешавање самог *ERP* система, како би ефекти имплементације са обе стране били максимални. *ERP* системи представљају готове софтверске пакете, а не алате рађене на основу специфичних захтева конкретног предузећа. Главни добављачи *ERP* софтвера су компаније *Workday Inc.*, *Oracle* и *SAP*. Циљ ових софтвера је интеграција свих функција у предузећу, док се специфичне потребе које предузеће може имати реализују кроз процесе делимичног прилагођавања *ERP* софтверских пакета.

4.2 Методе за управљање залихама на којима почива транзиција од *MRP I* до *ERP IV*

Ниво залиха се регулише улазом на основу задатог излаза. Према томе, у случају узастопног распореда база, оптимизација залиха започиње од крајње ка почетној бази.

Утврђивање количине потреба Q_o представља полазни параметар за управљање залихама у неком процесу. Вредност количине Q_o потреба може се израчунати аналитичким и статистичким методама. Аналитичка метода полази од плана продаје финалних производа A :

$$Q_{oi} = Q_{FP} K_i$$

где су:

* Q_{oi} – план потребних количина посматраног елемента,

* Q_{FP} – план продаје производа A и

* K_i – коефицијент којим елемент i учествује у финалном производу A .

Потреба за неким материјалом се у временском периоду који следи обично може окарактерисати као стохастичка величина. Ова карактеристика до изражаја нарочито долази код производа који нису намењени крајњем кориснику. Ипак, стохастичка карактеристика

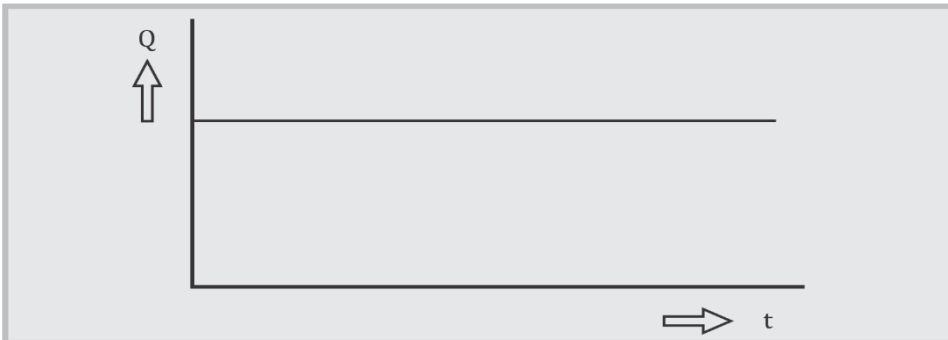
потребе за неким материјалом се може анулирати и претворити у детерминистичку, уколико се изврши ваљан поступак изучавања и предвиђања потребе. Основа статистичког посматрања потребе заснива се на предвиђању потребе у периоду који следи, на основу реализоване потрошње у претходном периоду.

Потреба Q_{oi} у временском интервалу који следи T_i може се утврдити помоћу неколико поступака, међутим, свака од тих поступака се заснива на тражњи $Q_{oi-1}, Q_{oi-2}, \dots, Q_{oi-k}$ у временским интервалима $T_{i-1}, T_{i-2}, \dots, T_{i-k}$. Утврђивање потребе за период који следи зависи од тражње која је реализована у претходном периоду. Најпознатији и поступци који се најчешће користе су следећи:

а) аритметичка средина:

$$Q_{oi} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n Q_{oi-k}$$

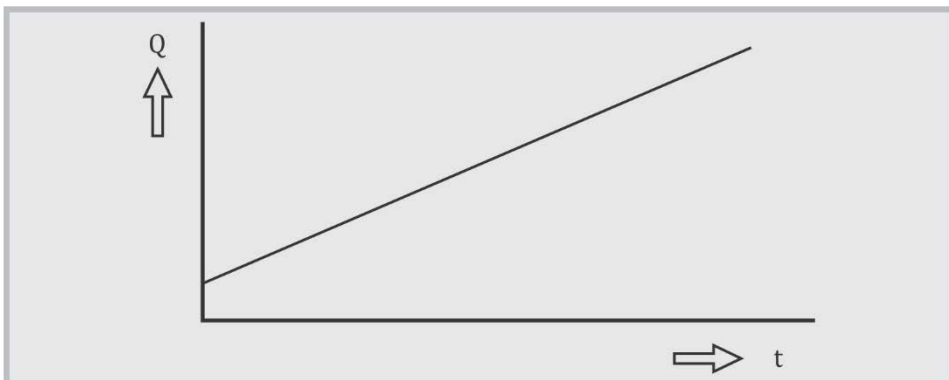
Поступак се може применити уколико понашање тражње у претходном временском периоду има хоризонтални тренд (слика 4.4). За друге трендове, поступак је неприменљив.



Слика 4.4 Пример константне тражње

б) Линеарна регресија

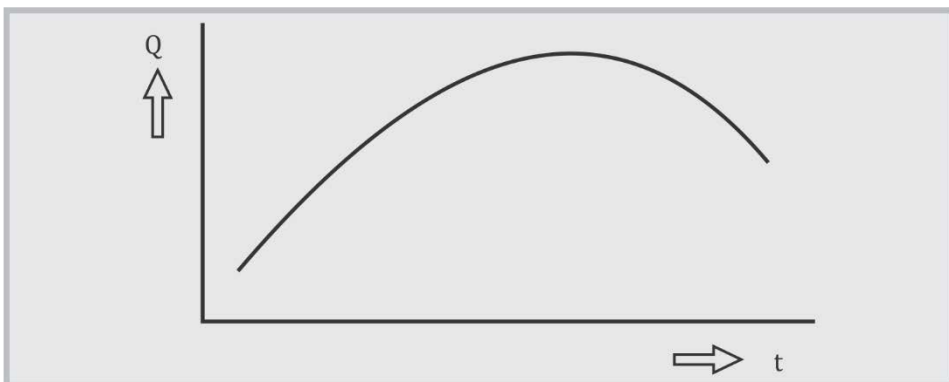
Уколико је тражњу у претходном временском периоду могуће представити линеарном функцијом (слика 4.5), тада је предвиђање за наредни временски период могуће извршити помоћу линеарне регресије.



Слика 4.5 Пример линеарне тражње

в) Нелинеарна регресија

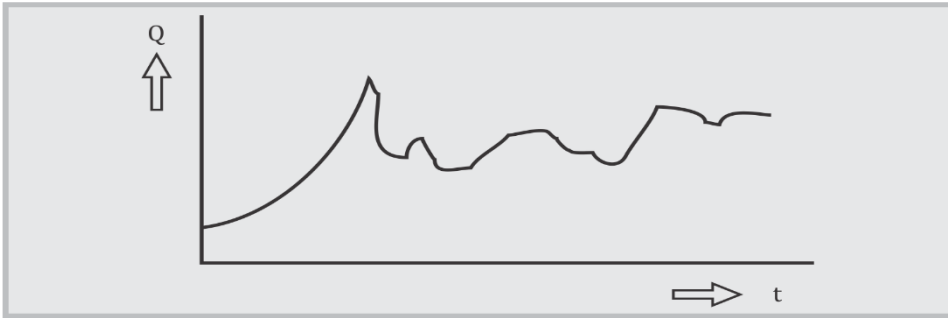
У реалним условима, тражња се ретко када одвија по правој линији. Потрошња се чешће одвија по некој кривој (слика 4.6), тако да је потребно применити регресију вишег степена.



Слика 4.6 Пример нелинеарне регресије

г) Експоненцијално усаглашавање

Најпрецизнији и најтачнији поступак за утврђивање потребе у наредном временском периоду јесте експоненцијално усаглашавање (енгл. *exponential smooting*, слика 4.7).



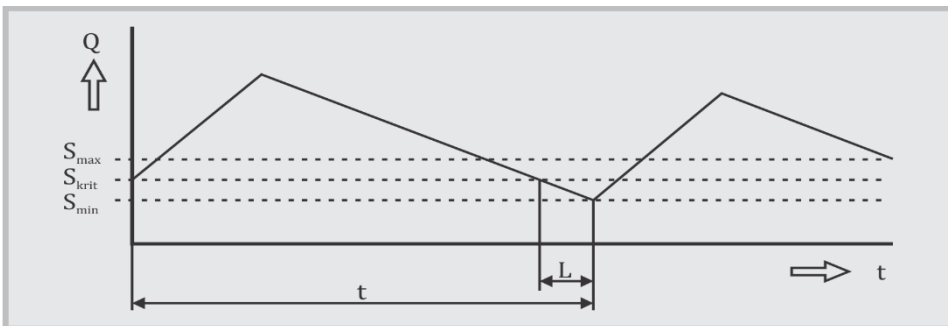
Слика 4.7 Пример стохастичке потрошње

Поступак се примењује када се тражња понаша као функција више екстремних и превојних тачака.

Ограничења управљања залихама

Модел и функција критеријума управљања залихама дефинишу се на основу моделирања стања залиха и утврђивања оптималних и потребних количина улаза. Да би дефинисање било потпуно, потребно је дефинисати и скуп ограничења у којима овај модел функционише.

Ограничења настају као последице могућих стања у околини посматраног система (слика 4.8). Ограничења се код залиха најчешће јављају услед недостатка средстава, простора, ограничених транспортних средстава, итд. Оптимална количина улаза омогућава економично понашање залиха. Помоћу оптималне количине залиха попуњавају се залихе при задатом оптицању залиха (Q_0).



Слика 4.8 Ограничења при управљању залихама

Међутим, и поред ове чињенице, вредност залиха се ограничава са обе стране и прекорачење ових граница има негативне последице на поступак реализације производње. Доње ограничење залиха назива се *сток-минимум* (слика 4.8). Исто се израчунава помоћу израза:

$$S_{min} = Q_o L, \text{ количина}$$

где су:

* S_{min} – сток-минимум

* Q_o – излаз у јединици времена и

* L – време циклуса улаза од момента давања сигнала за улаз до момента улаза робе у залихе (водеће време).

Горње ограничење је *сток-максимум* (S_{max}) и одређује се као величина којом се ограничава простор за смештај залиха, обртна средства и др.

4.3 Циљеви ERP система

Концепт И4.0 постаје свеprisутна стварност у којој су људи, машине и процеси све више интегрисани једни са другима, чинећи производњу флексибилнијом и ефикаснијом. Разлози за увођење ERP система у оквиру И4.0 су пре свега технички (успостављање заједничке платформе), оперативни (приступ подацима, смањење трошкова, унапређење процеса) или стратешки (унапређење односа са добављачима и потенцијалним и крајњим корисницима, реструктурирање пословања, боља основа за доношење пословних одлука, стандардизација).

Према Lee и Chang (2020) предности које ERP системи пружају су бројне и то су:

- оперативне (ниже цене, краћи производни циклуси, већа продуктивност, бољи квалитет и унапређење пружених услуга),
- менаџмент (унапређење управљања ресурсима, боље планирање, информисаније доношење одлука, унапређење иновативности и перформанси),

- стратешке (подршка расту пословања и пословним алијансама, изградња пословних иновација и унапређење спољних веза),
- предности структуре информационих технологија (унапређење флексибилности пословања, нижи трошкови и веће могућности информационих технологија), и
- организационе (подршка променама у организацији, оспособљавању, унапређење пословног учења и стварања интегрисане визије организације).

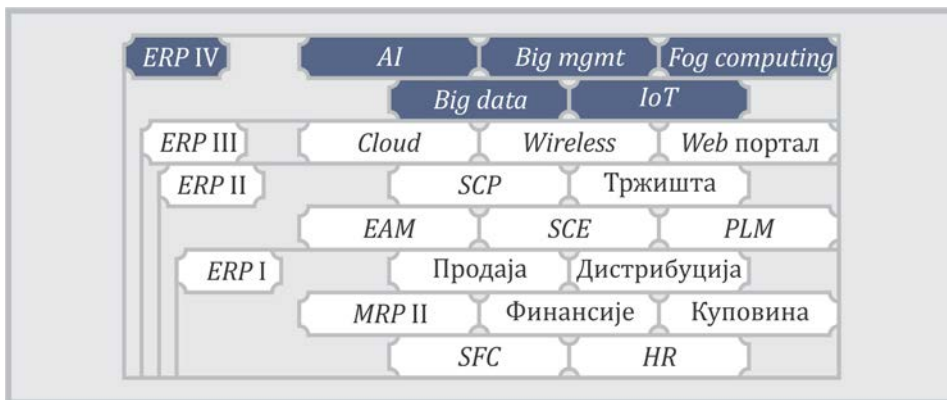
Представљена класа *ERP IV* система је нови корак издвајања управљачких информационих система, са проширеним информационим могућностима, претварањем информација у знање, омогућавањем брзог доношења одлука у циљу оптимизације стратешких и тренутних пословних процеса, тј. оних система који ће имплементирати концепт предузећа у реалном времену. Овакве врсте решења полако улазе у пословне процесе савремених пословних предузећа и институција у ери И4.0. Према томе, увођењем *ERP* система омогућено је остваривање већег броја мерљивих и немерљивих бенефита, на различитим нивоима хијерархије (оперативном, тактичком и стратешком).

4.4 Архитектура *ERP* система

Као што је већ наглашено, *ERP* системи су велики интегрисани системи који се користе за управљање пословним процесима у значајном броју пословних јединица и пословних функција. Постоји велики број комерцијалних *ERP* система, али сви углавном поседују сличне или исте модуле (слика 4.9).

Модул људских ресурса. Модул за људске ресурсе помаже (енгл. *Human Resources – HR*) тиму да ефикасно управља људским ресурсима. *HR* модул помаже у управљању подацима о запосленима, прати евиденцију запослених као што су прегледи учинка, доделе послова, описи послова, матрице вештине, праћење радног времена и присуства. Један од важних под-модула у *HR* модулу је систем обрачуна плата који помаже у управљању платама, извештајима о плаћању итд.

Такође може укључивати праћење путних трошкова и надокнаду трошкова. Праћењем обуке запослених такође се може управљати *ERP*-ом.



Слика 4.9 Делови *ERP* система (преузето из: *Bytniewski et al. 2020*)

Модул интерне набавке и логистике. Модул може се користити за праћење залиха материјала. Ставке се могу препознати по јединственим серијским бројевима. Помоћу јединственог система инвентарских бројева могу се пратити инвентарске ставке и њихова тренутна локација у организацији. На пример, уколико се у аутомобилској индустрији набави 100 инструмент табли за возила, тада се помоћу модула интерне набавке и логистике може пратити колико је инструмент табли инсталирано, где су инсталиране и колико има инструмент табли на стању. Модул садржи функције попут контроле залиха и извештавања о коришћењу залиха. Може постојати интеграција модула интерне набавке и логистике са модулом маркетинга и продаје *ERP*-а.

Модул продаје. Типични процес продаје укључује подпроцесе попут управљања продајним анкетама и анализама, састављања понуда, прихватања продајних налога, састављања продајних рачуна са правилним опорезивањем, слања/отпреме материјала или услуга, праћења налога на чекању. Свим овим активностима процеса продаје може се управљати помоћу модула продаје *ERP*-а. Помоћ модула продаје може добро доћи модулу за управљање односима са купцима приликом стварања будућих пословних прилика и могућности.

Модул набавке. Као што име говори, модули воде рачуна о свим процесима који су део набавке материјала или сировина које су потребне за производна предузећа. Модул набавке се састоји од функционалности попут интегрисања испоручилаца/добављача, повезивања добављача и артикала, слања захтева за понуду добављачима, примања и чувања понуда, анализе понуда, припреме налога за куповину, праћења предмета куповине и ажурирања залиха. Модул набавке је интегрисан са модулом залиха и модулом за ажурирање залиха.

Модул финансија и рачуноводства. Читавим приливом и одливом новца/капитала могуће је управљати помоћу модул финансија и рачуноводства. Овај модул прати све трансакције повезане са рачунима попут издатака, стања биланса, рачуноводствених књига, буџетирања, банковних извода, примања плаћања, управљања порезом итд. Финансијско извештавање је једноставан задатак овог модула *ERP*-а. Сви финансијски подаци који су потребни за вођење пословања доступни су једним кликом у модулу финансија.

Модул управљања односима са корисницима (енгл. *Customer Relationship Management - CRM*). *CRM* огранак предузећа помаже да се повећају продајне перформансе бољом услугом за кориснике и успостављањем здравог односа са купцима. Сви сачувани детаљи купца доступни су у *CRM* модулу. *CRM* модул помаже у поступцима управљања и праћења детаљних информација о купцу као што су историја комуникације, позиви, састанци, детаљи куповине од стране купца, трајање уговора итд. *CRM* модул се може интегрисати са модулом продаје како би се повећале продајне могућности.

Инжењерски/производни модул. Производни модул пружа велику помоћ производној индустрији приликом реализације производа. Овај модул се састоји од функција као што су планирање производње, планирање машина, употребе сировина, обраде материјала, праћења свакодневних предвиђања производње и реалног извештавања о производњи.

Модул управљања ланцем снабдевања (енгл. *Supply Chain Management - SCM*). *SCM* модул управља протоком производа од

произвођача до потрошача и од потрошача до произвођача. Уобичајене улоге су произвођач, дистрибутивни центар, складиште, дистрибутер, трговац и сл. *SCM* укључује управљање потражњом и снабдевањем, повраћај продаје и замене, праћење отпреме и транспорта итд. Данас се многа производна предузећа суочавају са изазовима приликом аутоматизације процеса. *ERP* је велика помоћ у таквим ситуацијама.

ERP софтверска решења сама по себи су сложена, тако да је крајњем кориснику тешко да их разуме и да њима управља. Инсталиран пакет не препознаје окружење у којем се налази, комуникационе линије и спољашње и унутрашње релације. Према томе *ERP* софтвер захтева пажљиву конфигурацију и прилагођавање. У појединим случајевима општим модулима, могу бити додати и специфични модули, који ће на бољи начин одговорити на потребе предузећа.

ERP софтверска решења углавном представљају готова решења за потребе производних система (енгл. *Commercial of the Shelf Enterprise Systems - COTS ES*).

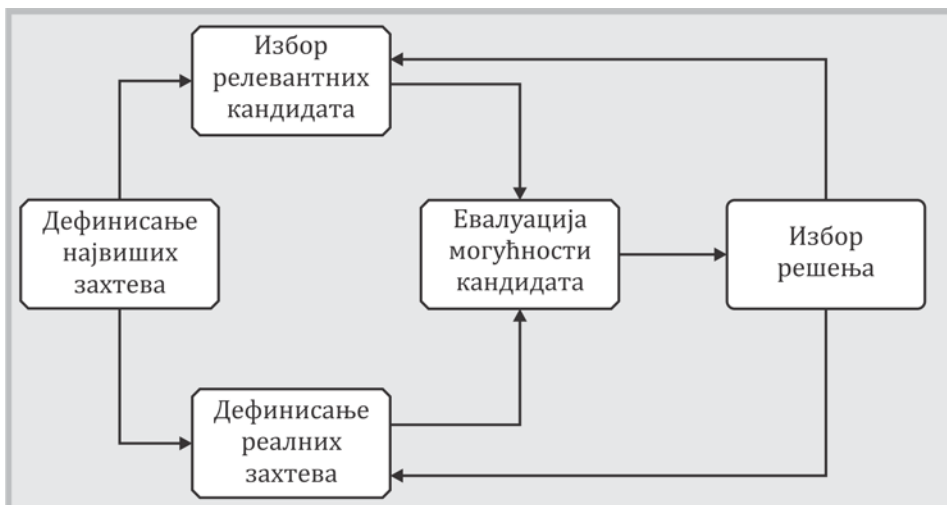
На основу истраживања тржишта из 2017. године, које је спровела *Gartner* (www.gartner.com) организације, утврђен је удео компанија на тржишту *ERP* софтверских решења. Резултати истраживања су приказани у табели 4.2.

Табела 4.2 Удео компанија на тржишту *ERP* система

Компанија	<i>SAP</i>	<i>Oracle</i>	<i>Sage</i>	<i>Workday</i>	<i>Infor</i>	Остале
Удео	22.50%	12.20%	6.10%	5.80%	5.10%	52.00%

Између куповине готових софтверских решења и решења на захтев корисника постоје одређене разлике. Купац готових софтверских пакета не може очекивати да сви захтеви буду испуњени. Међутим, временом се може показати да купљено софтверско решење поседује функционалности које су кориснику врло корисне, а да о њима иницијално није размишљао. Процес селекције готових *ERP* софтверских решења, подразумева детаљно дефинисање захтева и

потреба, одабир група могућих кандидата за решење и поређења са реалним потребама (Слика 4.10).



Слика 4.10 Поступак селекције ERP софтверских решења (преузето из: Стефановић 2006)

Дефинисање детаљних потреба и оцењивање готових софтверских решења представљају итеративне процесе, у оквиру којих је потребно извршити поређење већег броја пакета. Битно је нагласити да изабрано софтверско решење мора, превасходно, задовољити основне потребе предузећа из одређене области.

4.5 Имплементација ERP система

Имплементације ERP система је захтеван и дуготрајан поступак, који обухвата планирање, имплементацију и одржавање. Модели који се користе за имплементацију су бројни, попут традиционалних модела имплементације IS (енгл. *Business System Planning - BSP*) који ће детаљно бити објашњени у наставку, корпорацијских модела и модела који се оријентишу на одређени угао посматрања. Имплементацију ERP система потребно је посматрати из финансијске, техничке и перспективе промена у самом предузећу. Из финансијске перспективе потребно је одабрати ERP решење које задовољава потребе и

омогућава остваривање пословних циљева производних система. Неопходно је спровести измене у производним системима, у погледу комуникација, управљања процесима, обукама и образовању запослених и одговарајућег модела структурних и културолошких промена. Техничка перспектива захтева континуално праћење поступка имплементације. Пројект менаџмент треба спроводити у складу са поставкама теорије и праксе из области управљања софтверским пројектима. Неопходно је управљати постојећим системима и реализовати интеграцију постојећих система, уколико су постојећи подаци или апликације неопходне за пословање предузећа, које уводи нови *ERP* систем. Коначно, потребно је након имплементације, спровести тестирање система, тј. исправљање могућих грешака и недостатака.

У поступцима имплементације *ERP* система јавља се већи број критичних фактора који утичу на степен имплементације и на то да ли ће предузеће остварити своје пословне циљеве помоћу *ERP* или не. Могу се уочити следећи критични фактори: неразумевање стратегијског циља увођења *ERP* система, непостојање разумевања топ менаџмента за увођење система, лоше управљање пројектом увођења, некомпетентан тима за увођење пројекта, потешкоће са техничким питањима, поузданост података, адекватно мерење перформанси, итд. Фактори који су битни за имплементацију *ERP* система могу бити квантификовани (Plant et. al., 2006), на скали од 1 до 5. На овај начин могу се одредити вредности фактора: (1) ангажовања саветника, (2) сарадња са добављачем/провајдером, (3) одабир архитектуре, (4) пажљиво селектовање *ERP* модула, (5) подршка провајдера *ERP*-а, (6) јасно дефинисани циљеви, (7) усаглашавање и координација делова предузећа, (8) способност пројектног тима, и (9) подршка менаџмента на највишем нивоу.

Ради превазилажења фактора ризика у поступцима имплементације *ERP* система, потребно је: дефинисати циљеве увођења, спровести упоређивање са примерима имплементације из праксе (*benchmark*) и применити најбољу праксу, ускладити систем са стратегијом предузећа, управљати пројектом и изменама и спровести реинжењеринг процеса.

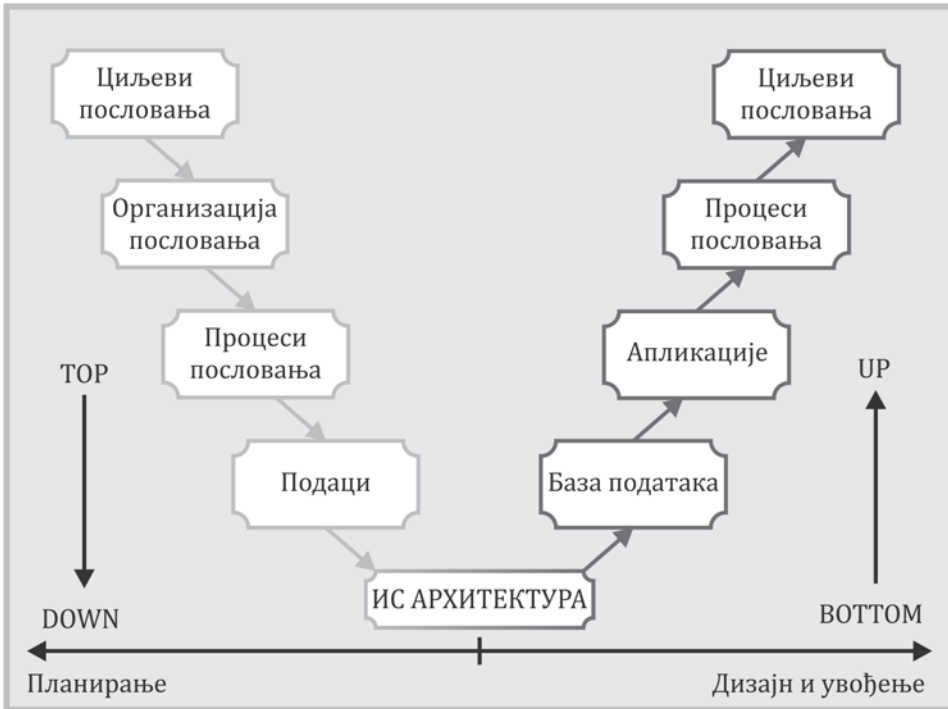
4.6 Имплементација *ERP* система у малим и средњим предузећима

Алати који се користе за имплементацију *ERP* система у малим и средњим предузећима треба да буду пројектовани за реализацију свеобухватне анализу система. Према томе, потребно је да алати за имплементацију *ERP* система:

- обухвате информације које се односе на токове процеса, структуру система и анализу токова података;
- омогуће давање формалних упутстава на основу који се дефинишу ниво декомпозиције и границе система;
- пруже могућност провере конзистентности улазних и излазних података;
- детаљно опишу структуру система;
- буду адекватни за примену када су у питању сложени ИС;
- буду једноставни за коришћење и разумевање;
- пруже могућност брзе промене, програмирање и примену;
- обезбеде дефинисање одговарајуће пратеће документације.

За увођење *ERP* система може се применити неколико методологија, попут „планирања информационих система“ (енгл. *Information Systems Planning - ISP*), „стратешког планирања информационих система“ (енгл. *Information Systems Strategy Planning - ISSP*) и „планирања пословних система“ (енгл. *Business System Planning - BSP*) које су у основи сличне. На основу ових методологија могу се издвојити фазе планирања, развоја и увођења *ERP* система, приказане на слици 4.6.

Са слике 4.11 може се уочити да се фазе одвијају применом анализа одозго на доле (*TOP-DOWN*) и одоздо на горе (*BOTTOM-UP*). Са леве стране слике налазе се активности у оквиру фазе планирања, док су са десне стране приказане активности у оквиру фаза развоја и имплементације *IS*.



Слика 4.11 Фазе планирања, развоја и увођења ERP система

Иницијална активност планирања ERP система подразумева укључивање пословних циљева предузећа. Тада се пословни циљеви декомпонују и утврђују се циљеви чија реализација између осталог зависи и од модула ERP система који ће бити имплементирани.

Друга активност фазе планирања подразумева поступак анализе организације пословања. Превасходно се утврђују организационе јединице предузећа, а потом се утврђују токови информација и докумената и идентификују креатори и корисници информација.

У оквиру треће активности фазе планирања ERP система дефинишу се пословни процеси предузећа. Активност је најзначајнија јер од прецизне дефиниције пословних процеса зависи и квалитет планираног ERP система. Активност идентификовања пословних процес је сложена, захтева тимски рад пројектаната ERP система и осталих запослених у предузећима. У обзир треба узети чињеницу да фокусирање ERP система на процесе уместо на организациону јединицу предузећа, може довести до неосетљивости ERP система на

промене у организацији. Када се процеси и подпроцеси одреде, потребно је формирати матрицу организационих јединица/процеса на основу које је могуће уочити да ли се у одређеним деловима организације предузећа исти процеси могу поновити. Додатно, у матрици се формално дефинише и одговорност сваке организационе јединице за одређене процесе, поготово када је у питању доношење одлука, извршење одлука и учествовање у доношењу одлука. Дефинисање процеса заснива се на постављеним пословним циљевима предузећа, при чему се поставља питање, шта је потребно учинити како би ти циљеви били остварени. Тако се уочавају основни процеси, који се могу декомпоновати на подпроцесе и активности до одређеног нивоа детаљности. Процеси се означавају именицом и глаголом и могу се поделити на радне (нпр. производити завртње) или апстрактне (нпр. добити одлуку). У поступку декомпозиције диференцирају се примарни од секундарних процеса помоћу три кључна питања: шта је потребно урадити за реализацију свих процеса; зашто процеси егзистирају (провера оправданости постојања процеса); и када се процес реализује у односу на остале процесе.

Када се декомпозиција процеса изврши, потребно је установити минималне стандарде перформанси процеса, на основу којих ће бити могуће мерење и оцењивање успешности изабраних процеса. Када се процеси идентификују, спроводи се други круг разговора са одговорним лицима, тј. представницима предузећа, да би се критички размотриле све чињенице.

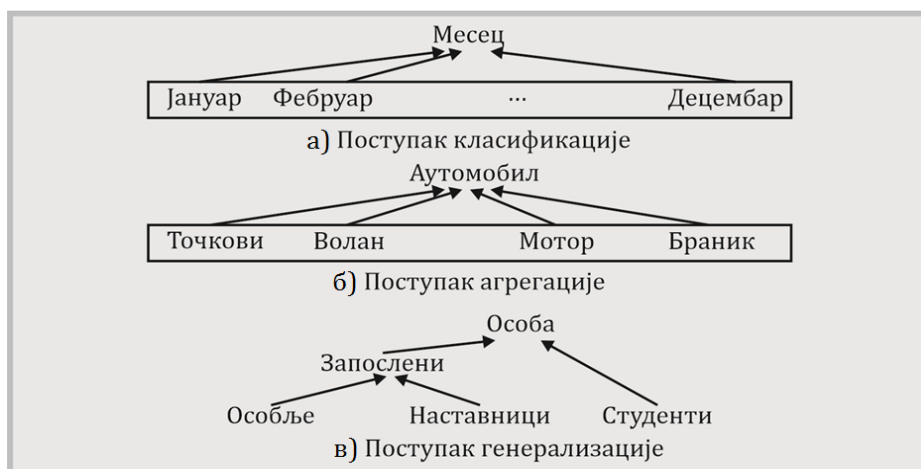
У четвртој активности фазе планирања *ERP* система дефинишу се основни подаци и развија се модел података. Активност моделирања податка може се поделити на два корака. У првом кораку се идентификују и дефинишу неопходни објекти (ентитети) за пословање предузећа, док се у другом кораку идентификују и дефинишу њихови атрибути.

Објекти, тј. ентитети, представљају пословне ресурсе који су неопходни за пословање у производним системима. То су ентитети који константно егзистирају у посматраним системима укључујући

крајње кориснике, добављаче, машине, производе, раднике, репроматеријал, итд.

Утврђивање пословних ресурса реализује се поступком мисаоног процеса апстракције, која може бити у виду класификације, агрегације и генерализације. Класификација представља организовање и разврставање ентитета у класе или категорије на основу њихових сличних карактеристика (Слика 4.12а). Генерализација подразумева груписање ентитета по сродности, тако да се долази до заједничког надређеног ентитета (Слика 4.12б). Коначно, агрегација се може дефинисати као поступак дефинисања надређеног ентитета из више конститутивних ентитета (Слика 4.12ц).

Након дефинисања, ентитети се тестирају одговарањем на питање да ли постоји одговарајући јединствени идентификатор за специфични пословни ресурс (нпр. шифра материјала за ентитет материјал). Као резултат апстракције добијају се одговарајуће класе које представљају скупове структурних података и функција везаних за одређене пословне ресурсе или неке њихове специфичне делове.



Слика 4.12 Процес апстракције

У другој фази дизајнирања модела података успостављају се везе између дефинисаних ентитета, што се може приказати на различите начине. У највећем броју комерцијалних *ERP* најчешће се за приказ користи релациони модел, због своје једноставне структуре и

једноставних операција. На основу релационог модела врши се имплементација базе података.

Након извршене имплементације *ERP* система, потребно је проћи кроз фазе тестирања и коначног пуштања у рад. У оквиру ових фаза, потребно је додатно спроводити активности одржавања *ERP*-а. На основу литературе (*Chang S., 2004*) одржавање *ERP* подразумева: корективно одржавање (инсталацију „додатака“ и решавање текућих проблема), адаптивно (увођење нових функционалности), перфективно (инсталирање најновијих верзија софтвера) и превентивно одржавање (мониторинг времена одзива, грешака и активности у оквиру софтвера). У употреби се могу наћи два стандарда за модел одржавања софтвера, којима могу подлећи и поступци одржавања *ERP* система. Први је *ISO/IEC 14764: 2006*, који представља наследника стандарда *IEEE 1219-1998* стандарда, док је други стандард *ISO-IEC 12207-2017* наследник стандарда *ISO-IEC 12207-2008*. Стандарди акценат стављају на активности након испоруке софтверских решења, разматрајући одржавање и животни циклус софтвера. *ISO-IEC 12207-2017* посматра одржавање као скуп потпроцеса који су усмерени на активности пре, након испоруке и у току повлачења из употребе.

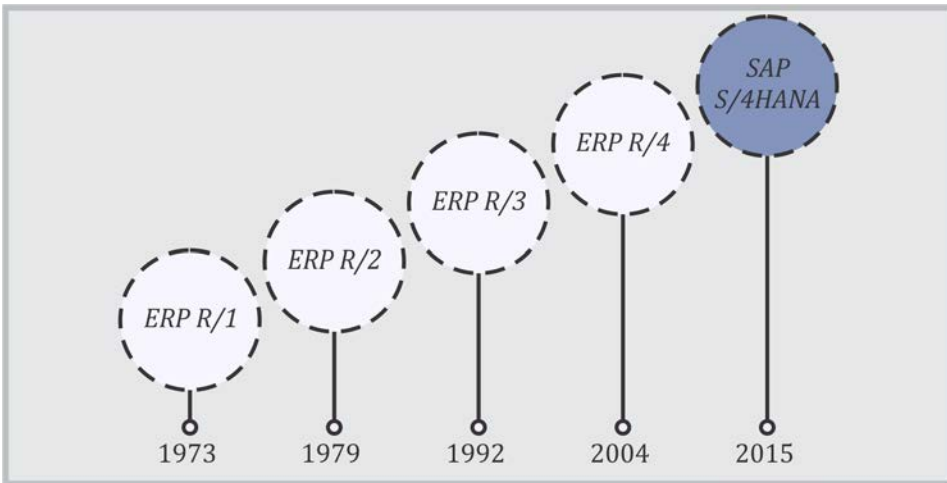
4.7 SAP S4/HANA ERP систем

SAP (нем. *Systeme, Anwendungen, Produkte in der Datenverarbeitung*) софтверску компанију основало је пет бивших инжењера *IBM*-а 1972. године у Валдорфу, Немачкој. Акроним *SAP* на немачком језику означава системе, апликације и производе за процесирање података. *SAP* се у континуално мења захваљујући раду 29000 програмера и истраживача, који *SAP* компанију прилагођавају тржишту и настоје да компанија понуди доследна и боља пословна решења. Са преко 40 година искуства и употребе софтверских *SAP* решења у преко 25 индустријских грана и око 34.600 компанија, процењује се да *SAP* има око 120 милиона корисника у више од 120 земаља света. Са тако импресивном историјом *SAP* данас нуди широк спектар решења, производа и апликација. На основу тржишне капитализације, трећи је

највећи независни произвођач софтвера који се може користити у производним системима свих величина, помажући им да унапреде профитабилност, одрживи развој и да остану конкурентни на тржишту. Међутим главна примена *SAP* решења је у великим производним системима. Примарни циљ *SAP*-а је да интегрише све пословне функције у организацији, тако да се промене у једном пословном процесу одмах и спонтано одражавају ажурирањем и на друге пословне процесе.

Као резултат наведеног, може се рећи да је *SAP* водећи светски испоручилац *ERP* софтвера. *SAP* има дугу историју у пружању *ERP* решења за испуњавање захтева корисника. Ранија *SAP* решења за планирање ресурса укључују *SAP R/1*, *R/2*, *R/3* и *SAP ERP*. С променљивим захтевима и новим техничким могућностима дигиталних технологија, у *SAP* је одлучио да је потребно изгради ново решење *SAP S4/HANA* како би се испунили тренутни и будући захтеви клијента. *SAP S4/HANA* решење, објављено 2015. године, је решење за велика предузећа, оптимизовано за *SAP HANA* (енгл. *High-Performance Analytic Appliance*) релациону базу података. Претходна технолошка ограничења више не постоје, што је омогућило *SAP*-у да редизајнира, тј. да оптимизује *SAP S4/HANA* тако што је направио производ који испуњава захтеве клијената у 21. веку и служи као платформа за дигиталну трансформацију производних система. На слици 4.8 приказана је еволуција *SAP* током последњих 40 година.

SAP R/3, *SAP ERP* или *SAP S4/HANA* поседује основне модуле карактеристичне за *ERP* решења (Слика 4.13). Подразумевани модули су модул за финансије, људске ресурсе и логистику. Модул за финансије је интегрисани пакет финансијских апликација који садржи подмодуле као што су финансијско рачуноводство, финансијска контрола, управљање инвестицијама, управљање готовинским ресурсима, контрола предузећа и некретнина. Сва питања у вези са запошљавањем и обуком управљају се помоћу модула за људске ресурсе, који садржи подмодуле за администрацију, планирање и развој особља.



Слика 4.13 Еволуција SAP ERP софтверских решења од SAP R/1 до SAP S/4HANA (преузето и модификовано из: Baumgartl et al. 2016)

Логистички модул се користи за управљање питањима везаним за продају и дистрибуцију, планирање производње, управљање материјалима, управљање квалитетом, одржавање постројења, логистичке информационе системе, пројектне системе и управљање подацима о производима. Имплементација *SAP R/3*, *SAP ERP* и *SAP S/4HANA* система је скуп и дуготрајан процес. Комплетна имплементација може коштати између једног и неколико милиона долара и може потрајати дуже од три године. Само корпорације са *Fortune 500* листе могу да приуште тако широку примену *ERP*-а попут поменутих *SAP* системи (Lau, 2005). У покушају креирања софтвера за мале и средње производне системе, као и великих организација које су заинтересоване за само делимичне *ERP* интеграције, *SAP* је развио две алтернативе за имплементацију: *Accelerated SAP* и *Ready to Run R/3* програме.

Питања за обнављање градива

1. Навести врсте и укратко објаснити информационе системе, који су коришћени и који се користе у производним системима?
2. Које су предности употребе *ERP* система?
3. Укратко објаснити фазе развоја *ERP* система.
4. Навести четири модула *ERP* система и објаснити их.
5. Како се поступак апстракције може поделити?
6. Навести основне модуле *SAP ERP* софтвера.
7. Дефинисати слојеве *SAP S/4HANA* софтвера.

Литература

1. BAUMGARTL, Axel, et al., SAP S/4HANA: An Introduction (SAP PRESS). SAP PRESS, Quincy, MA, USA, 2016, ISBN:978-1-4932-1400-6.
2. BEYNON-DAVIES, Paul, Business information systems. Red Globe Press, London, UK, 2020, ISBN 978-1-352-00738-1.
3. BOZUTTI, Daniel Fernando, ESPOSTO, Kleber Francisco, Sales and Operations Planning: a comparison between the demand-driven and traditional approaches. *International Journal of Production Management and Engineering*, Vol. 7, No. 1, 2019, str. 23-38 ISSN 2340-5317.
4. BYTNIEWSKI, Andrzej, et al., Towards Industry 4.0: Functional and Technological Basis for ERP 4.0 Systems. In: Towards Industry 4.0—Current Challenges in Information Systems. Springer, Cham, 2020, str. 3-19, ISBN 978-3-030-40417-8.
5. ELBAHRI, Faisal Mohamed, et al., Difference Comparison of SAP, Oracle, and Microsoft Solutions Based on Cloud ERP Systems: A Review. In: 2019 IEEE 15th International Colloquium on Signal Processing & Its Applications (CSPA). IEEE, Penang Island, Malaysia, 2019. str. 65-70, ISBN 978-1-5386-7563-2.
6. LAU, Linda K. (ed.), Managing business with SAP: planning, implementation and evaluation. Igi Global, Hershey, PA, USA 2005, ISBN: 1-59140-380-4.
7. LEE, Neil CA; CHANG, Jamie, Adapting ERP Systems in the Post-implementation Stage: Dynamic IT Capabilities for ERP. *Pacific Asia Journal of the Association for Information Systems*, 2020, Vol. 12, No. 1, str. 2 ISSN: 1943-7544.
8. MAGAL, Simha R.; WORD, Jeffrey, Integrated business processes with ERP systems. Wiley Publishing, New York, NY, USA 2011, ISBN 978-0-470-47844-8.

9. SHIM, Sung J.; SHIM, Minsuk K., Effects of user perceptions of SAP ERP system on user learning and skills. *Journal of Computing in Higher Education*, Vol. 32, No. 1, 2020, str. 41-56, ISSN 1042-1726.
10. СТЕФАНОВИЋ, Миладин, ЦИМ системи. Машински факултет Крагујевац, Крагујевац, 2006, ИСБН 86-80581-96-8.

Поглавље 5.

КАПАЦИТЕТ ЗА ОПОРАВАК ПРОИЗВОДНИХ СИСТЕМА

Циљеви	Структура поглавља
После читања овог поглавља бићете оспособљени да:	
1. Објасните сврху дефинисања перформанси и структуру кључних индикатора перформанси	5.1 Појам перформанси
2. Објасните како се врши мерење перформанси	5.2 Дефинисање кључних индикатора перформанси производних система
3. Објасните начин функционисања капацитета за опоравак производних система	5.3 Капацитет за опоравак система 5.4 Дефинисање капацитета за опоравак производних система
4. Оцените статички капацитет за опоравак производних система и дате предлоге за његово унапређење	5.5 Модели капацитета за опоравак производних система 5.6 Одређивање капацитета за опоравак производног система 5.7 Стратегије за унапређење капацитета за опоравак производних система

5.1 Појам перформанси

За потребе одређивања успешности пословања неког производног система и упоређивање пословања тог ентитета са сличнима у окружењу (енгл. *benchmarking*), неопходно је развити и усвојити одређени систем за мерење његове успешности. Успешност пословања неког производног система може да се одреди преко перформанси тог производног система, односно њиховом идентификацијом и мерењем. У том смислу перформансе се могу третирати као величине потребне за одређивање успешности пословања неког производног система.

У литератури не постоји универзална дефиниција за термине перформансе пословних процеса и перформансе предузећа или производних система. У сваком случају, постоје прихваћене дефиниције многих аутора што је и логично због комплексне природе појма перформанси. Перформансе могу да буду одређене у зависности од врсте производа, циљног тржишта, величине предузећа, обима производње, броја запослених, типа индустрије коме предузеће припада и сл. У складу са наведеним, једна од општеприхваћених дефиниција перформанси предузећа (*Enos, 2007*) јесте да су перформансе предузећа показатељи успешности пословања, који доприносе постизању опипљивих, специфичних, мерљивих, вредних пажње и лично значајних стратегијских циљева.

Иако су перформансе предузећа научна дисциплина која се често јавља у литератури из области стратегијског менаџмента предузећа, оне представљају једну врсту показатеља ефикасности и погодне су за имплементацију у управљању производним системима. Може се рећи да имају своје предности и недостатке па у складу са тим треба правити разлику између појмова перформансе предузећа и организациона ефикасност (*Cameron & Whetten, 1983*).

Основне разлике ова два појма (Richard et al., 2009) су:

- Перформансе предузећа обухватају три специфичне области опипљивих исхода: 1) финансијске перформансе (добит, повраћај средстава, повећање инвестирања, итд.), 2) перформансе производа на тржишту (продаја, заступљеност, итд.), 3) повраћај уложених средстава и добит акционара.
- Организациона ефикасност је шири појам и обухвата перформансе предузећа, уз још интерних и екстерних показатеља успешности пословања. Организациону ефикасност, поред перформанси предузећа, чине други материјални и нематеријални показатељи, као што су: друштвена одговорност, сарадња са кооперантима, препознатљивост бренда, кредибилитет, искоришћеност пословних и производних капацитета и др.

5.2 Дефинисање кључних индикатора перформанси производних система

Свака од перформанси има своје квантитативне или квалитативне показатеље помоћу којих се може одредити њена вредност (Enos, 2007). Ови показатељи називају се кључни индикатори перформанси (енгл. *Key Performance Indicators - KPI*). Основни циљ мерења перформанси је да се одреди који сегмент пословања не испуњава постављене циљеве и да се на основу тога предузму мере, како би се постављени циљеви остварили. Осим мерења успешности пословања производног система помоћу перформанси, исто тако је могуће мерити успешност реализације пословних процеса који се одвијају у једном производном систему. На овај начин могуће је одредити које активности процеса треба да се побољшају, како би се остварили циљеви тог процеса.

У пракси постоји велики број развијених модела за мерење перформанси, и сваки од њих има своје предности и недостатке. Исти

систем за мерење перформанси није могуће подједнако добро применити у две различите организације, односно у два различита пословна процеса. Многи фактори могу утицати на примену одређеног модела, као што су грана индустрије, величина производног система, итд. Наведено важи и за пословне процесе с обзиром на то да одређени модел не мора да буде адекватан за мерење перформанси сваког пословног процеса унутар истог производног система. Сигурно је да не постоји најбољи или универзалан модел мерења перформанси производног система или пословних процеса, тако да избор оптималног модела зависи од низа карактеристика, као што су намена модела, комплексност, метрика, организациони ниво на ком се примењује, и сл.

Перформансе и *KPI*-јеви нису исти за сваки пословни процес. То је један од разлога зашто се не може успоставити универзална метрика пословних процеса. Осим тога, исте перформансе немају једнаку важност за сваки пословни процес, а *KPI*-јеви немају исту циљану вредност. Менаџмент у производном систему, дефинише и успоставља метрику која највише одговара карактеристикама организације, као и модел који најбоље приказује успешност пословања или реализације пословних процеса.

Модел за мерење перформанси који се често помињу у пракси су *Balanced Scorecard* (Kaplan & Norton, 1996), *SCOR* модел, *ABC* модел трошкова (Cooper & Kaplan, 1991) и *DOE/NV* модел (Bellman et al., 1994), итд. Имајући у виду да се *KPI*-јеви, као и саме перформансе односе на различите аспекте домене пословања, неопходно је успоставити одговарајући оквир за анализу, мерење, праћење анализу и управљање перформансама.

Процесна оријентација, за разлику од традиционалног хијерархијског приступа, подразумева усмереност на пословне процесе, са посебним фокусом на излазе (резултате) процеса и задовољство корисника. У литератури се често процесно оријентисана организација представља као хоризонтална организација, а конвенционални приступ хијерархијског управљања као вертикална организација.

Процесни приступ представља основу функционисања производних система па је управо због тога потребно дефинисати одговарајуће *KPI*-јеве како би се адекватно управљало једним производним системом. Често коришћени *KPI*-јеви у производним системима су (<http://kpilibrary.com/>):

1. % налога који захтевају дораду,
2. Укупна дорада након имплементације промена,
3. Време дораде по јединици,
4. % усаглашености производа са захтевима,
5. Број дефеката по јединици: Број откривених недостатака / укупан број произведених јединица (процент),
6. Трошкови верификације производа,
7. Број производа ван спецификације (*Out of Specification (OOS)*): Број производа који су ван спецификације *OOS* / број провера квалитета (процент),
8. Стопа одбацивања: Мери квалитет и уједначеност коначног производа,
9. Број јединица одбијен од стране провере квалитета,
10. Време такта: Максимално време по јединици дозвољено за производњу производа који задовољава потражњу купца.

Током времена, потребно је да се прате дефинисани *KPI*-јеви при чему се стално упоређује измерена вредност са унапред дефинисаном (жељеном) вредношћу. Уколико дође до наглог пада њихове вредности, потребно је да се активира капацитет за опоравак како би се вредности вратиле на жељени ниво у времену.

5.3 Капацитет за опоравак система

Наглашен технолошки развој, као и турбулентна ситуација на глобалном тржишту, често утичу на то да организације претњу не препознају док не прерасте у кризну ситуацију (Somers, 2009). У пракси се показало да је за било коју организацију, независно од њене величине, локације или финансијске снаге, немогуће идентификовати све могуће опасности (Lundberg & Johansson, 2019) и њихове евентуалне последице. Материјализација опасности и потенцијалних ризика често за последицу има пад перформанси производног система. Наравно, циљ менаџмента је да стање сниженог нивоа перформанси траје што краће. Управо због наведених разлога, на самом крају XX века почиње да се развија нова парадигма пословања која води порекло од енглеске речи *resilience*. У српском језику не постоји директан превод па се због тога овај термин описује као капацитет за опоравак. Капацитет за опоравак организације – *resilience*, по својој природи представља способност субјекта да превазиђе проблеме у којима се нашао. Сам појам *resilience* се први пут помиње почетком седамдесетих година XX века у истраживањима везаним за проучавање екосистема (Holling, 1973). Идеја је настала у сагледавању опоравка екосистема и имплементирала се у проучавању организација почивајући на дефинисању фактора који чине капацитет за опоравак организационог система.

С друге стране, пословање у модерном свету је обележено развојем нових технологија, међу којима предњаче информационе и комуникационе технологије (ИКТ). Истовремено се дешавају економске кризе, природне катастрофе, ратови, и слични поремећаји. Сама комплексност и остали променљиви услови представљају потенцијалне ризике са којима је потребно суочавање да би се, дугорочно гледано, обезбедила одрживост организација (Ren & Jackson, 2019).

5.3.1 Пословање производних система и потреба за поседовањем капацитета за опоравак

У циљу проналажења адекватних стратегија за пословање у модерном окружењу, јавила се потреба за увођењем нових механизма за превазилажење кризних ситуација и новонасталих поремећаја. У протеклом периоду је дефинисан одређени број метода и организационих стратегија које имају за циљ остваривање континуитета пословања као што су: одрживи развој организација, флексибилност организација, *lean manufacturing*, и други. Остварење циља обезбеђења континуитета пословања се може решити на различите начине, имајући у виду потребе и особине окружења организације. Процена и унапређење капацитета за опоравак организација представља адекватно решење континуалног пословања због чега расте интересовање у погледу теоријског и практичног истраживања. Тако се отвара могућност да се организације пореде и да се на основу анализа предложе мере за унапређење њихових перформанси.

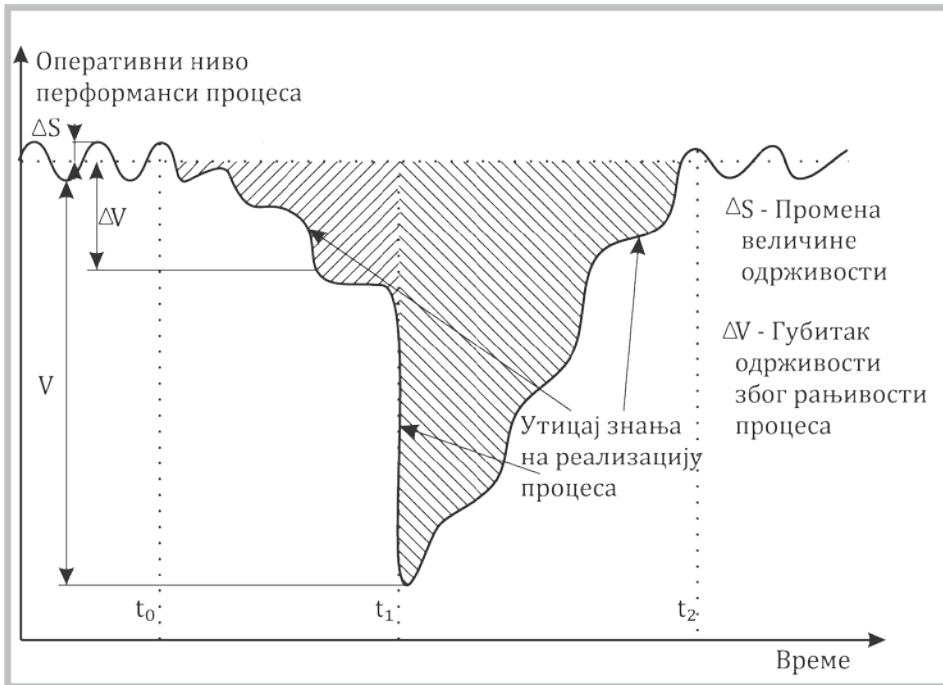
У циљу дефинисања капацитета за опоравак организације, неопходно је објаснити појмове који га одређују. С обзиром на то да је у фокусу истраживања организација, капацитет за опоравак је потребно дефинисати у оквиру системског приступа. Разлог за то лежи у чињеници да је појам организације најсврхисходније описати помоћу системског приступа.

У актуелним условима пословања организације морају да се укључе у свеобухватни и систематски процес превенције, приправности, спремности, ублажавања, одговора, континуитета пословања и опоравка. Више није довољно да организације имају нацрт плана који предвиђа катастрофе или хитна сценарија. Данашње претње захтевају суочавање у току трајања пословног процеса, динамичан и интерактиван однос који има за циљ да осигура наставак основних активности организације пре, током и после догађања велике кризе и наглог пада перформанси. Концепт капацитета за опоравак је постао инкорпориран у знање корпоративне стратегије одређеног броја лидерских компанија на глобалном нивоу. У почетку

је виђен као продужетак активности менаџмента ризиком и успостављање свакодневних активности обавештавања, праћења и управљања процесима стратегије и пословног планирања (*Hamilton, 2004*).

5.4 Дефинисање капацитета за опоравак производних система

Капацитет за опоравак је величина коју је могуће мерити у условима када организација нормално функционише али се тек у условима наглог пада перформанси организације може утврдити њена реална вредност. Иако су нежељени у смислу омогућавања планирања и дугорочног пословања, поремећаји представљају неминовност. У том смислу они се могу манифестовати у виду елементарних непогода, ратова, терористичких напада, промена на берзи, политичких и економских криза. Током и након њиховог дејства, реално је претпоставити да перформансе организације падају у одређеној мери зависно од особина организације и самог поремећаја. Пад перформанси може бити мањи или већи. На слици 5.1 је приказан пад перформанси организације након дејства поремећаја где је могуће одредити величину капацитета за опоравак производног система. Након пада перформанси потребно је да менаџмент донесе одлуке које ће имати за циљ наставак активности пословања у најкраћем временском периоду. Кратко време опоравка је неопходан услов смањења трошкова и враћања у жељено стање перформанси. Кад организација прође кроз период опоравка, веома је важно да стечена искуства преточи у знање и унапреди свест организације како би у будућности боље поступала у сличним ситуацијама. На вертикалној оси је дефинисан уобичајени ниво перформанси процеса. Перформансе процеса се мере у свакој организацији која је сертификована према стандарду *ISO 9001: 2015* што је у складу са захтевима стандарда.



Слика 5.1 Модел капацитета за опоравак производног система (MCEER, 2008)

Перформансе у времену стабилног пословања имају вредности које незнатно осцилују (ΔS). Приликом настанка поремећаја, ове вредности се мењају и реално је претпоставити да падају. Вредности перформанси након поремећаја падају до вредности ΔV која још увек не значи тотални пад перформанси, али је пословање организације угрожено. Величина V представља укупну рањивост процеса и у пракси перформансе процеса могу пасти до њене максималне вредности. У тренутку када је достигнута најнижа тачка на дијаграму, почиње одговор производног система на дати поремећај и дешава се активирање свих механизма који омогућавају опоравак и тежи се што бржем опоравку. Време за које се перформансе процеса поврате у нормално стање представља време опоравка производног система.

Акцент се ставља на унапређење перформанси, јер је главна особина капацитета за опоравак учење из претходног искуства и постизање унапређених перформанси. Осенчена десна страна слике

5.3 представља динамичку величину капацитета за опоравак организације. Може се констатовати да до сада није дефинисан универзални математички модел према коме би се омогућило израчунавање капацитета за опоравак након наглог пада перформанси организације. Оно око чега је постигнут извештај консензус јесте чињеница да се може анализирати величина статичког и динамичког капацитета за опоравак. С друге стране, могуће је рачунати статички капацитет за опоравак преко система индикатора чије вредности осликавају могућност да производни систем реагује на исправан начин након наглог пада перформанси. У пракси се показује да производни системи треба да раде на унапређењу свог статичког капацитета за опоравак како би у случају кризе и наглог пада перформанси одговор био адекватан. Увидом у литературне изворе може се констатовати да је развијен релативно велики број модела које описују статички капацитет за опоравак организација.

5.5 Модели капацитета за опоравак производних система

Према својој природи, у пословном окружењу, капацитет за опоравак је почео да се развија у оквиру различитих методологија (нпр. за процену ризика, обезбеђење одрживости и континуитета пословања) и коришћењем аналогичних модела које потичу из техничких, природних и хуманистичких наука. Капацитет за опоравак организација је могуће дефинисати за различите типове организација које се разликују према величини, делатности и другим особинама. Да би се знало колики капацитет за опоравак одређена организација поседује, неопходно је извршити мерење или процену (*Hosseini et al., 2019*). У даљем тексту су приказани модели који дају основу за мерење нивоа капацитета за опоравак организације. Један од начина мерења величине капацитета за опоравак се може остварити кроз адаптивни модел за планирање криза у организацији (*Somers, 2009*).

Табела 5.1 Скала потенцијала капацитета за опоравак организације: опис и преглед модела (Somers, 2009)

Елемент	Нивои капацитета за опоравак		
	Низак ниво	Средњи ниво	Висок ниво
Решење одређено тражењем циља избегавања ризика	Од радних тимова се очекује да поштују стандардне радне процедуре и избегавају било који значајан ризик	Од радних тимова се очекује способност прилагођавања процедура помоћу успостављених смерница	Тимови су систематски истренирани да импровизују решења и решавају проблеме уз минималан надзор претпостављених
Разумевање критичне ситуације	Системске и процесне информације су заштићене	Запослени имају приступ информацијама и морају класификовати проблеме	Запослени прикупљају информације и разматрају последице алтернатива
Способност за вишеструке улоге	Кључне позиције су високо специјализоване	Унакрсни послови и обуке су систематизовани	Кључне позиције су генерализоване
Ослањање на изворе информација	Супервизори сами дефинишу правце информација	Запосленима су дати систематизовани алати за доношење одлука	Запослени поседују одговарајуће знање и очекује се минимална интервенција супервизора
Приступ ресурсима	Радни тимови имају приступ само централној локацији ресурса	Радни тимови имају приступ ресурсима који су лоцирани на више различитих локација	Радни тимови имају приступ да набаве било који недостајући ресурс

Реална је претпоставка да је могуће успоставити однос између планирања кризних ситуација и ефективног адаптивног понашања током кризе. Традиционално планирање третира кризни план као исход процеса који је потребно имплементирати током кризе у маниру корак по корак. У овом случају, капацитет за опоравак представљен у табели 5.1 је састављен од пет елемената који су описани на скали од три нивоа.

Представљени нивои имају карактеристике ниског, средњег и високог нивоа капацитета за опоравак. Развијени модел носи назив **ORPS - Organizational Resilience Potential Scale** – Скала потенцијала капацитета за опоравак организације. *ORPS* модел представља значајан алат за дефинисање стања капацитета за опоравак организације. С обзиром на јасно сврставање организације у један од три могућа нивоа капацитета за опоравак, лако се могу дефинисати акције за његово унапређење што представља значајан допринос.

Да би се обезбедио континуитет пословања, потребно је поред дескриптивног приказа капацитета за опоравак, корисно је исти пратити кроз време. Први математички модел (*McManus* 2008) који даје смернице за одређивање капацитета за опоравак организације јесте **ROR (Relative Overall Resilience) модел**. Укупни капацитет за опоравак организације је дефинисан као функција стања свести организације, кључних рањивости и адаптивног капацитета у комплексном, динамичком окружењу са великим бројем интерконекцијских утицаја.

$$ROR = (\text{стање свести}) \times (\text{кључне рањивости}) \times (\text{адаптивни капацитет})$$

Према *ROR* моделу, дефинисан је процес, назван 5 корака за процену и подизање капацитета за опоравак организације током рада са испитиваним организацијама.

Важно је напоменути да не постоји међународно призната скала која дефинише висок, средњи или низак ниво капацитета за опоравак према *ROR* моделу већ је препуштено производним системима да одреде ове величине према сопственим потребама. Током даљих истраживања уведен је **модел капацитета за опоравак Stephenson (2010)** (табела 5.2). При томе, учачава се обједињавање појединих индикатора који су представљени у *ROR* моделу.

Табела 5.2 Модел капацитета за опоравак *Stephenson* (2010)

Индикатори капацитета за опоравак	
Адаптивни капацитет	Планирање
Способност и капацитет интерних ресурса	Планирање стратегије
Посвећеност и ангажовање запослених	Партиципација у обукама
Информације и знање	Проактивно поступање
Лидерство, менаџмент и управљачке структуре	Способност и капацитет екстерних ресурса
Децентрализовано и правовремено доношење одлука	Приоритети опоравка
Интерно и екстерно праћење ситуације и извештавање	

Индикатори капацитета за опоравак се могу груписати на различите начине. Модел за квантификацију капацитета за опоравак у производним предузећима процесне и прерађивачке индустрије (*Aleksic et al., 2013*) је дефинисан тако да интегрише индикаторе (табела 5.3) који се односе на интерне факторе, тј. оне који потичу из саме организације, екстерне факторе, тј. оне који потичу из окружења организације, и факторе који омогућавају активности опоравка. Предложене индикаторе треба процењивати једном годишње, тако да се капацитет за опоравак може пратити током одређеног временског периода. Уколико производни систем послује у оквиру концепта конкурентног инжењерства, јавља се потреба за пословањем на различитим географским локацијама. У том случају, применљив је **модел капацитета за опоравак виртуелних организација** (*Arsovski et al., 2012*).

Табела 5.3 Индикатори модела капацитета за опоравак у производним системима процесне и прерађивачке индустрије

Индикатори капацитета за опоравак		
Индикатори интерних фактора	Индикатори екстерних фактора	Индикатори фактора који омогућавају активности опоравка
Планирање стратегије	Екстерно праћење ситуације и извештавање	Фактор дизајна
Способности и капацитет интерних ресурса	Способности и капацитет екстерних ресурса	Могућност детекције
Интерно праћење ситуације и извештавање		Одговор у хитним случајевима
Људски фактори		Систем менаџмента безбедношћу
Квалитет		

Капацитет за опоравак производних система, посебно узима у обзир индикаторе који се односе на планирање стратегије, технолошке ризике и људске факторе.

5.6 Одређивање капацитета за опоравак производног система

С обзиром на постојање великог броја процеса и чињеницу да сви процеси не постоје у различитим врстама предузећа, за оцену капацитета за опоравак је погодно користити генерички модел производног система заснован на процесном приступу. Модел је прилагођен производном систему који се по величини сврстава у групу малих и средњих предузећа, при чему су дефинисани главни процеси: **процес маркетинга и продаје (P_1)**, **процес развоја производа и технологија (P_2)**, **процес набавке, интерне логистике**

и транспорта (P_3), процес планирања на нивоу производног система (P_4), процеси производње (P_5). Процеси подршке (P_6) су груписани на овај начин с обзиром на процену да је њихов утицај на капацитет за опоравак организације значајно мањи од утицаја главних процеса. Уколико се у модел укључи **Процес менаџмента и лидерства (P_7), онда се добија проширени модел капацитета за опоравак производног предузећа. Рад посматраних производних система дефинисан је процедурама у складу са захтевима стандарда *ISO 9001*. Имајући то на уму, може се констатовати да је постојање уређених процеса у организацији највеће ограничење представљеног модела за процену капацитета за опоравак. При томе се размена информација врши унутар организације али и са окружењем. Интеракција са окружењем огледа се кроз сарадњу са купцима, партнерима и осталим стејкхолдерима. Реална је претпоставка да се специфичне активности разликују од организације до организације.**

Дефинисани релевантни процеси за производне системе представљају апроксимацију тј. теоретски модел помоћу кога је могуће одредити капацитет за опоравак. Описане релације међу процесима обезбеђују висок ниво потребне сличности између стварних производних система и дефинисаног модела. На тај начин је омогућен формалан опис модела помоћу математичких формула и дефинисање јединственог математичког модела који је применљив на одређени тип система.

Имајући у виду начин функционисања производних система, може се увести претпоставка да је за оцену капацитета за опоравак најпогоднији **модел за производна предузећа процесне и прерађивачке индустрије**. У том смислу, опис индикатора и начин оцењивања дат је следећим описом.

Индикатори интерних фактора (*Gunasekaran et al., 2011*) капацитета за опоравак су они који су генерисани од стране самог производног система. Ову групу индикатора чине:

1. **Планирање стратегије (I_1)** представља индикатор који треба да буде оцењен у домену дефинисане стратегије производног

система за постизање континуитета пословања и унапређења капацитета за опоравак.

2. **Способност и капацитет интерних ресурса (I_2)** представља индикатор који треба проценити са аспекта дефинисаних процедура за управљање ресурсима током кризних догађаја.
3. **Интерно праћење ситуације и извештавање (I_3)** укључује процену функционисања информационог система у погледу обезбеђења свести запослених о кризним ситуацијама.

Људски фактори (I_4) је индикатор који се оцењује у смислу поседовања компетенција и мотивисаности за поступање у кризним ситуацијама.

Квалитет (I_5) је индикатор који узима у обзир постојање циљева квалитета, ниво њиховог остварења, начин праћења и управљања квалитетом.

Индикатори екстерних фактора (*Gunasekaran et al., 2011*) капацитета за опоравак су они чији се највећи утицај рефлектује кроз активности сарадње са спољашњим ентитетима које остварују набавка, маркетинг и продаја. Ову групу фактора чине:

Екстерно праћење ситуације и извештавање (I_6) представља индикатор који треба да буде процењен на основу ефикасности процесирања информација из окружења до запослених у производном систему коришћењем информационог система.

Способности и капацитет екстерних ресурса (I_7) је индикатор који укључује управљање ресурсима које обезбеђују спољашњи стејкхолдери, нпр. електрична енергија, водоснабдевање и сл.

Индикатори фактора који омогућавају активности опоравка (*Gunasekaran et al., 2011*) су они који се уже односе на технолошки систем, с тим да су прилагођени највише прерађивачкој и процесној индустрији. Ову групу индикатора чине:

Фактор дизајна (I_8) је индикатор који треба да буде анализиран и оцењен у оквиру дизајна пословног/производног процеса.

Могућност детекције (I_9) треба да буде анализирана и оцењена у домену постојања могућности за девијацију процеса од сопственог циља реализације и постојања процедура за откривање девијације.

Одговор у хитним случајевима (I_{10}) треба да буде анализиран и оцењен у домену постојећих процедура организационог одговора који треба да се реализује након настајања кризне ситуације.

Систем менаџмента безбедношћу (I_{11}) треба да буде анализиран и оцењен у домену постојања процедура безбедности запослених и опреме производног система.

Приликом оцењивања, оцене индикатора дају власници процеса који су предвиђени моделом (табела 5.4) на скали 1-5 при чему је свака оцена дефинисана адекватним описом.

Табела 5.4 Оцењивање индикатора капацитета за опоравак у производном систему

Индикатори капацитета за опоравак	Пословни процеси у производном систему					
	(P_1)	(P_2)	(P_3)	(P_4)	(P_5)	(P_6)
(I_1)						
(I_2)						
(I_3)						
(I_4)						
(I_5)						
(I_6)						
(I_7)						
(I_8)						
(I_9)						
(I_{10})						
(I_{11})						
Капацитет за опоравак на нивоу процеса	= Σ (11-55)	= Σ (11-55)	= Σ (11-55)	= Σ (11-55)	= Σ (11-55)	= Σ (11-55)

Коначан исход одређивања капацитета за опоравак производног система јесу вредности добијене на нивоу дефинисаних пословних процеса. На овај начин добија се могућност управљања вредностима индикатора током времена, као и могућност побољшања вредности

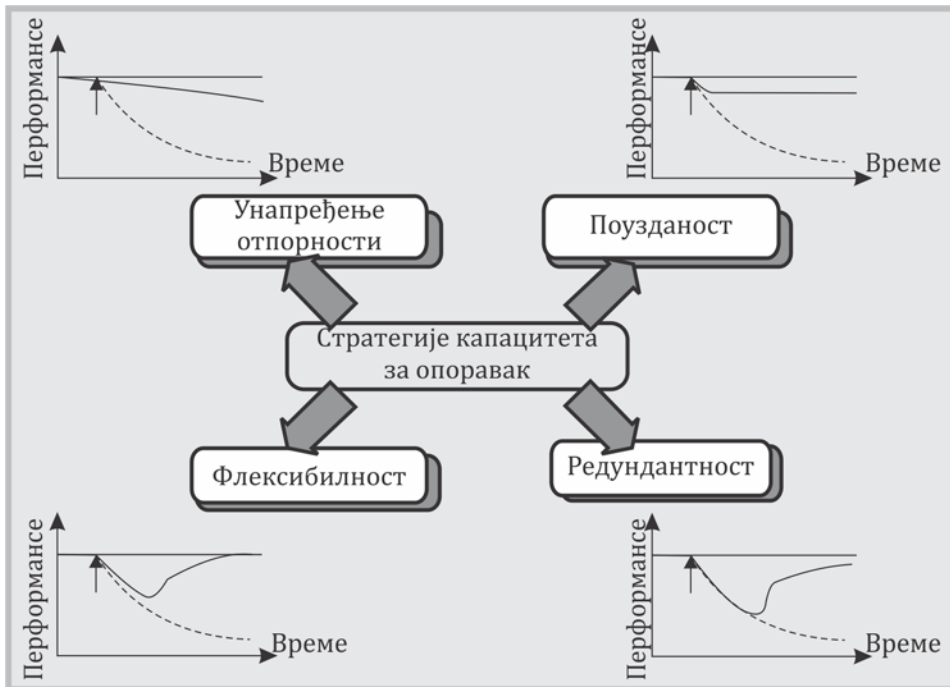
индикатора кроз имплементиране активности. Такође, обезбеђује се могућност поређења измерених вредности индикатора у једном производном систему на нивоу различитих процеса али и са другим производним системима – бенчмаркинг пословних процеса у домену капацитета за опоравак. Активности бенчмаркинга и унапређења се дефинишу у оквиру стратегија за унапређење.

5.7 Стратегије за унапређење капацитета за опоравак производног система

Заједно са напредовањем знања о капацитету за опоравак организација, у пракси су почеле да се развијају различити модели и стратегије за његову имплементацију и примену (*Gibson & Tarrant, 2010*). Након мерења капацитета за опоравак, потребно је исти унапредити. На нивоу стратегије, капацитет за опоравак предузећа (*Gibson & Tarrant, 2010*) представља циљ који је суштински комбинација активности менаџмента ризиком, менаџмента континуитетом пословања, менаџмента безбедношћу и менаџмента хитним ситуацијама.

Механизми које организације традиционално користе за суочавање са поменутих изворима ризика, као што су менаџмент ризиком (*ISO 31000:2008*) или обезбеђење континуитета пословања (*BS 25999:2006*), показују се као недовољни јер велики број организација не успева да се одржи на тржишту или постаје део других организација (*Etro, 2019*). **Модел стратегије за унапређење капацитета за опоравак** (*Gibson & Tarrant, 2010*) који је дат на слици 5.2 се примењује у циљу унапређења капацитета за опоравак и обезбеђења континуитета пословања.

Испрекиданом линијом је представљен ниво перформанси организације након поремећаја, док стрелица означава време поремећаја. Пуном линијом је представљена способност организације и њене перформансе након поремећаја под претпоставком да организација примењује дату стратегију.



Слика 5.2 Модел стратегије за унапређење капацитета за опоравак

Модел стратегије за унапређење капацитета за опоравак дефинише четири врсте стратегије за унапређење: 1) унапређење отпорности, 2) поузданост, 3) флексибилност и 4) редундантност.

Најделотворније стратегије за унапређење капацитета за опоравак су отпорност и флексибилност. У случају подизања отпорности организације на поремећаје, претпоставља се да ће поремећаји успети да незнатно умање перформансе уобичајених (*business-as-usual*) пословних активности. Недостатак ове стратегије се огледа у чињеници да се организација не опоравља у потпуности, тј. њене перформансе се не враћају на почетни ниво осим применом потпуне флексибилности.

Питања за обнављање градива

1. Објаснити појам перформанси у производном систему.
2. Објаснити како се дефинишу кључни индикатори перформанси производних система.
3. Који кључни индикатори перформанси производних система се најчешће јављају у пракси?
4. Објаснити потребу производних система за поседовањем капацитета за опоравак
5. Скицирати и објаснити капацитет за опоравак у производних система
6. Како се квантификује капацитет за опоравак према *ROR (Relative Overall Resilience)* модел?
7. Објаснити шта обухвата група индикатора интерних фактора у моделу капацитета за опоравак производних система процесне и прерађивачке индустрије.
8. Објаснити шта обухвата група индикатора екстерних фактора у моделу капацитета за опоравак производних система процесне и прерађивачке индустрије.
9. Објаснити шта обухвата група индикатора фактора који омогућавају активности опоравка у моделу капацитета за опоравак производних система процесне и прерађивачке индустрије.
10. Које се стратегије примењују за унапређење капацитета за опоравак?

Литература

1. ALEKSIĆ, Aleksandar, et al., An assessment of organizational resilience potential in SMEs of the process industry, a fuzzy approach. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Vol. 26, No. 6, 2013, str. 1238-1245, ISSN: 0950-4230.
2. ARSOVSKI, Zora, et al., Resilience of virtual and networked organizations: An assessment. In: *International Conference on Virtual and Networked Organizations, Emergent Technologies, and Tools*. Springer, Berlin, Heidelberg, Germany, str. 155-164, 2011, ISBN 978-3-642-31800-9.
3. BELLMAN, Richard E, et al., *Performance measurement process, guidance document*. USDOE Nevada Operations Office, Las Vegas, NV (United States), 1994.
4. CAMERON, Kim S., WHETTEN, David A., Organizational effectiveness: one model or several?. In: *Organizational Effectiveness*. Academic Press, Cambridge, MA, USA str. 1-24, 1983, ISBN 978-0-121-57180-1.
5. COOPER, Robin; KAPLAN, Robert S., Profit priorities from activity-based costing. *Harvard business review*, Vol. 69, No. 3, 1991, str. 130-135, ISSN 0017-8012.
6. DALZIELL, Erica P., MCMANUS, Sonia T., Resilience, vulnerability, and adaptive capacity: implications for system performance. Paper presented at the *International Forum for Engineering Decision Making*. Stoos, Switzerland, 2004.
7. ENOS, Darryl D.; JM, Dana Vincent; SUZANNA, E. M. D., *Performance improvement: Making it happen*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, 2007, ISBN 978-1-4200-4586-4.
8. ETRO, Federico, Mergers of complements and entry in innovative industries. *International Journal of Industrial Organization*, Vol. 65, 2019, str. 302-326, ISSN 0167-7187.

9. GIBSON, Carl A., et al., A 'conceptual models' approach to organisational resilience. *Australian Journal of Emergency Management, The*, Vol. 25, No.2, 2010, str. 6.
10. GUNASEKARAN, Angappa, RAI, Bharatendra K., GRIFFIN, Michael, Resilience and competitiveness of small and medium size enterprises: an empirical research. *International journal of production research*, 2011, 49.18: 5489-5509.
11. HAMILTON, Booz Allen, Redefining the Corporate Governance Agenda. *Boozallen.com* [online]. 2004. [Accessed 30 September 2020]. Available from: <https://www.boozallen.com/>
12. HOLLING, Crawford S, Resilience and stability of ecological systems. *Annual review of ecology and systematics*, Vol. 4, No. 1, 1973, str. 1-23, ISSN 1545-2069.
13. HOSSEINI, Seyedmohsen; IVANOV, Dmitry; DOLGUI, Alexandre, Review of quantitative methods for supply chain resilience analysis. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2019, Vol. 125, No. 285-307, ISSN 1366-5545.
14. KAPLAN, Robert S.; NORTON, David P., Translating Strategy into Action: The Balanced Scorecard Harvard Business School Press. *Boston, Mass, Fall*, 1996.
15. KPI Library, 2020. KPI Library [online: <http://kpilibrary.com/>],
16. LUNDBERG, Jonas; JOHANSSON, Björn JE., Resilience is not a silver bullet–Harnessing resilience as core values and resource contexts in a double adaptive process. *Reliability Engineering & System Safety*, Vol. 188, 2019, str. 110-117, ISSN 0951-8320.
17. MCEER-08-SP09: Engineering Resilience Solutions: From Earthquake Engineering to Extreme Events 1997-2007, University of Buffalo, USA, 2008. Buffalo.edu [online],
18. MCMANUS, Sonia Therese, *Organisational resilience in New Zealand*. Doctor of Psilosophy thesis, University of Canterbury, Christchurch, New Zeland. 2008.
19. REN, Shuang; JACKSON, Susan E., HRM institutional entrepreneurship for sustainable business organizations. *Human*

Resource Management Review, Vol.30, No. 3, 2020, str. 100691, ISSN 1053-4822.

20. RICHARD, Pierre J., et al., Measuring organizational performance: Towards methodological best practice. *Journal of management*, Vol. 35, No.3, 2009, str. 718-804, ISSN 0149-2063.
21. SOMERS, Scott, Measuring resilience potential: An adaptive strategy for organizational crisis planning. *Journal of contingencies and crisis management*, Vol. 17, No. 1, 2009, str. 12-23, ISSN 1468-5973.
22. STEPHENSON, Amy Victoria, Benchmarking the resilience of organisations. Doctor of Philosophy thesis in Civil Engineering, University of Canterbury, Christchurch, New Zeland, 2010.

Поглавље 6.

МЕНАЏМЕНТ ВРЕДНОШЋУ

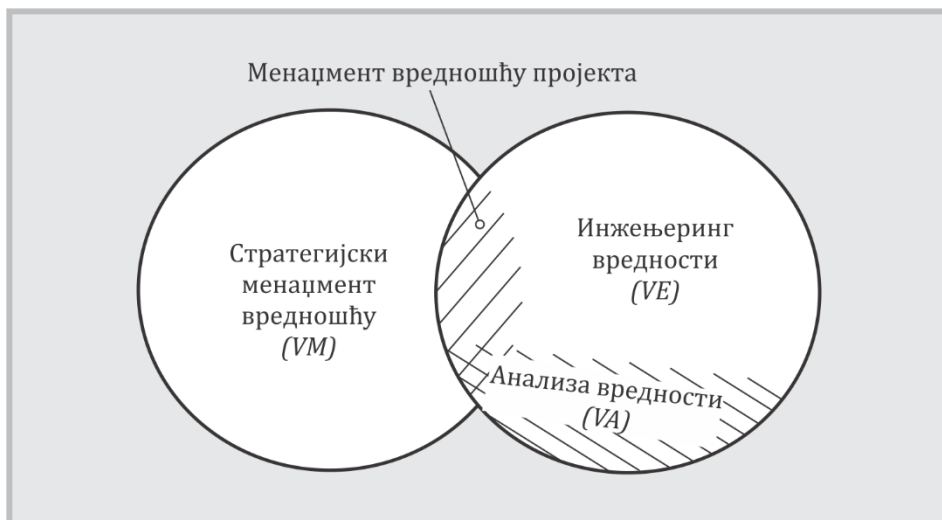
Циљеви	Структура поглавља
После читања овог поглавља бићете оспособљени да:	
1. Објасните основне појмове у домену менаџмента вредности	6.1 Основни појмови
2. Објасните модел продуктивности који се примењује на нивоу производних система	6.2 Модел продуктивности: вредност за производни систем
3. Објасните анализу вредности, инжењеринг вредности и менаџмент вредношћу	6.3 Модел анализе вредности (VA) производа 6.4 Модел инжењерства вредности (VE) и менаџмента вредности (VM)
4. Анализирате елементе пројеката који се баве вредношћу пројекта и оцените моделе квалитета и вредности	6.5 Менаџмент вредношћу пројекта 6.6 Модели квалитета и вредности

6.1 Основни појмови

Менаџмент вредношћу помиње се први пут 1731. године везано за мерење ризика (*Bernoulli*, 1731). Упоредо са развојем науке, јавља се и свест да вредност нечега у потпуности зависи од корисности (*Jerons W.* 1871). Почетком 40-тих година XX века, развијен је систем за идентификацију и уклањање „непотребних“ трошкова (*Miles*, 1964). Касније, формулисана је дефиниција: “Анализа вредности је дисциплиновани систем акција усмерен ка специфичној потреби остваривања оних функција које купац тражи и жели, било да су оне остварене преко хардвера, услуге, групе људи, професионалних вештина, административних процедура и осталог са најнижим трошковима“. На тај начин анализа вредности (енгл. *Value Analysis*) постаје метода за решавање проблема, уз коришћење скупа специфичних техника, знања и научених вештина. То је организовани, креативни приступ чија је сврха ефикасна идентификација непотребних трошкова који не омогућују стварање квалитета, нити су корисни за живот, нити за купца (*Barton*, 2000). У складу са наведеним, може се рећи да вредност нечега не сме бити базирана на његовој цени, већ више на корисности коју омогућава (*Bernstein*, 1996). Тако се потребе купаца могу изразити преко различитих функција које се могу поделити у две групе (*Miles*, 1989):

1. функције коришћења и
2. естетске функције.

У аустралијским и новозеландским стандардима менаџмент вредношћу се дефинише као „структурирани, систематски и аналитички процес којим треба да се остваре све неопходне функције са најнижим укупним трошковима у складу са захтеваним стандардом квалитета и перформанси“. Педесетих година XX века представљен је концепт *VE (Value Engineering)*, односно инжењерство вредности. Овај термин се користио паралелно са појмом *VA (Value Analysis)*, односно анализом вредности. Ипак, у пракси између њих постоји разлика, што је представљено на слици 6.1.



Слика 6.1 Разграничење појмова

Обично се сматра да се *VA* односи на постојеће производе, а *VE* на нове производе. Између њих са *VM* је пресечна област менаџмента вредношћу пројекта.

VM се може дефинисати на следећи начин:

- *VM* је процес који користи колаборативно доношење одлука консензусом ради остварења оптималног дизајна, док се контрола одвијања пројекта врши у складу са потребама свих стејкхолдера,
- *VM* се појављује пре дефинисања развојног пројекта,
- *VM* је стратегијски алат.

Инжењеринг вредности (*VE*) се дефинише:

- *VE* је процес у којем се успостављају специфични инжењерски циљеви да би се максимизирала ефикасност развоја и смањили трошкови,
- *VE* у општем случају се фокусира на најбољи дизајн на основу више расположивих опција и
- *VE* је тактички алат.

Концепт вредности користи се и за вредновање инвестиција, применом различитих метода за вредновање. За све ове концепте у оквиру концепта вредности, основу чини модел трошкова.

6.2 Модел продуктивности: вредност за производни систем

Као мера квалитета управљања у одређеном времену или у једном производном систему у односу на други, може се узети продуктивност рада и производност као њен специфични израз.

У моделу продуктивности (*P-productivity*) иста се дефинише као однос оствареног излаза и улаза у производни систем, тј.:

$$\text{Продуктивност} = \frac{\text{излаз}}{\text{улаз}} = \frac{\text{финансијска вредност+квалитет}}{\text{трошкови пословања}}$$

Овај однос без димензија је број који сам по себи не значи много. Тек на основу поређења са вредношћу продуктивности других производних или обрадних система или са пројектованим нивоом продуктивности ова релативна мера добија свој смисао. Продуктивност се може третирати као мера ангажовања одређених ресурса (улаза) за извршење циљева постављених у облику квалитета и квантитета у одређеном времену (излаз) (*Riggs & Felix, 1983*).

На ниво продуктивности рада утиче велики број фактора од којих су најважнији:

- запослени са својим способностима и ставовима (односом) према раду,
- квалитет управљања почев од планирања до праћења и руковођења,
- техника са потребном опремом и објектима за извођење процеса производње,
- технологија које обухватају дефиницију елемената процеса рада и производње,

- државна регулатива која се односи на одговарајуће законске прописе, дотације, ослобођење од пореза, компензације и сл. и
- околина (расположиви ресурси).

Финансијска вредност се у концепту *TPM (Total Productivity Measurement)* изражава преко:

$FV = \text{додатна вредност}(AV) = \text{укупан приход} - \text{трошкови пословања} + \text{амортизација}$

Квалитет (Q) се оцењује преко индикатора квалитета на нивоу производног система за сваки производни процес посебно и заједничких производних система.

У моделу продуктивности може се на исти начин дефинисати продуктивност сваког процеса или продуктивности операција на сваком радном месту. У последњем случају чешће се користе природни индикатори, па се продуктивност на радном месту (P_{RM}) изражава преко производности:

$$P_{RM} = \frac{\text{број производа или њихова вредност преко цене коштања}}{\text{потребно време израде или број реализованих норма часова}}$$

6.3 Модел анализе вредности (VA) производа

Различити клијенти интерпретирају вредност производа на различите начине. Перформансе функција производа могу нпр. да укључе естетске карактеристике (где је то потребно) или да буду фокусиране на имиџ клијента (где је то пожељно). Заједничка карактеристика производа је однос нивоа перформанси, способности, емотивни доживљај, стил и сл. према утрошцима. Вредност производа може да се искаже као максимизирање функција производа према сопственим утрошцима:

Вредност производа = Користи / Утрошци

Вредност производа = (Перформансе + Способности) / Утрошци
= Функције производа / Утрошци

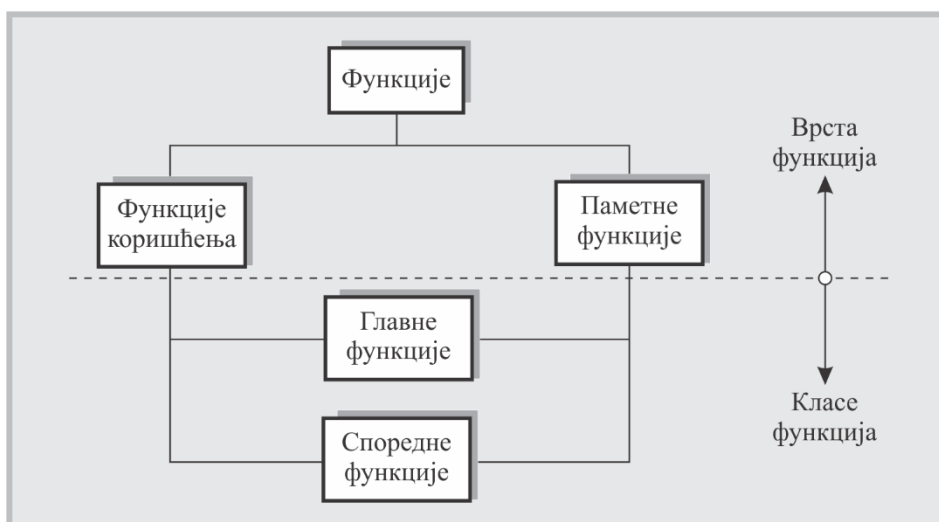
VA се може односити на:

- производ у фази пројектовања,
- процесе, а посебно процесе развоја,

- процес одржавања, итд.

Ако посматрани модел анализе вредности производа, полази се од анализе функција (сврхе) производа и његових компоненти. Оне се деле на:

- врсте функција и
- класе функција (слика 6.2).



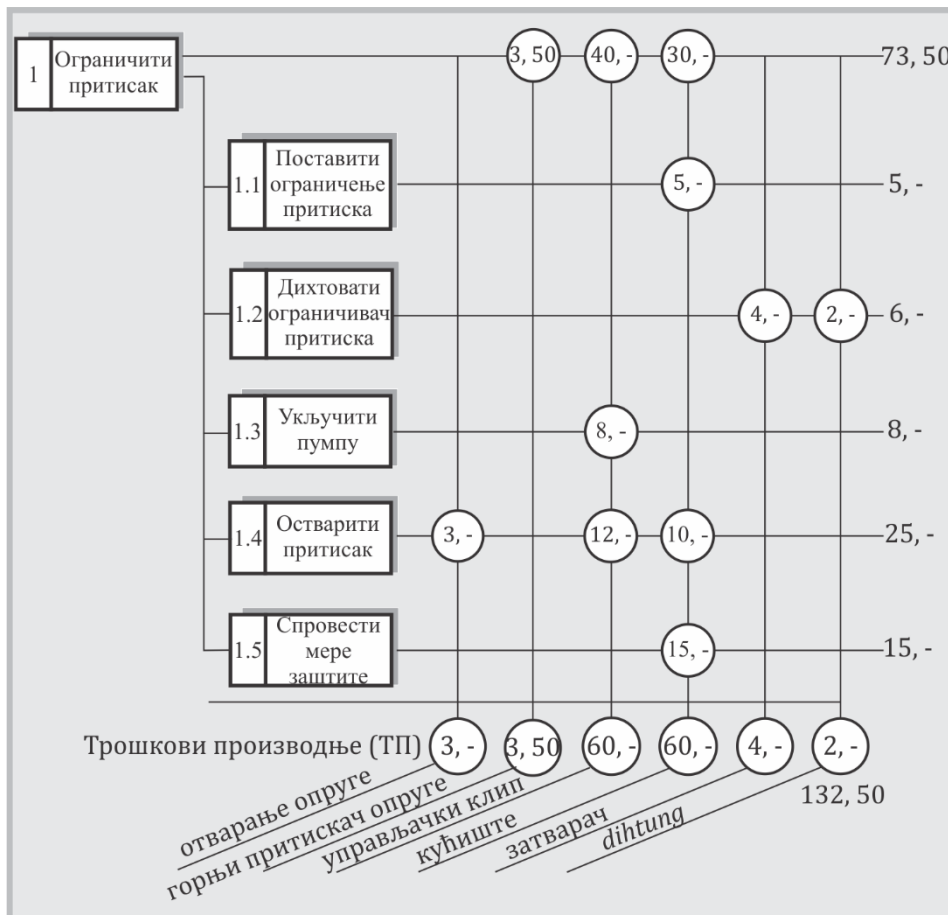
Слика 6.2 Врсте и класе функција

Главне функције су усмерене на циљ производа или његове компоненте (дела). То се означава називом дела и глаголом за означавање основне функције. Тако нпр. у првом кораку се дефинише главна функција пумпе: „Погонити пумпу“, док се у другом и трећем кораку дефинишу споредне функције: „Обезбедити управљање пумпе“ и „Укључити електричну струју“.

Свака функција се одликује својствима, која се добијају одговором на питања:

1. колико је добро остварена,
2. колико дуго траје,
3. колико је честа,
4. под којим условима се остварује,
5. који је степен искоришћења, итд.

За сваку функцију производа дефинишу се компоненте производа у целини (слика 6.3) и за исте везују трошкови производње [Б] функција.



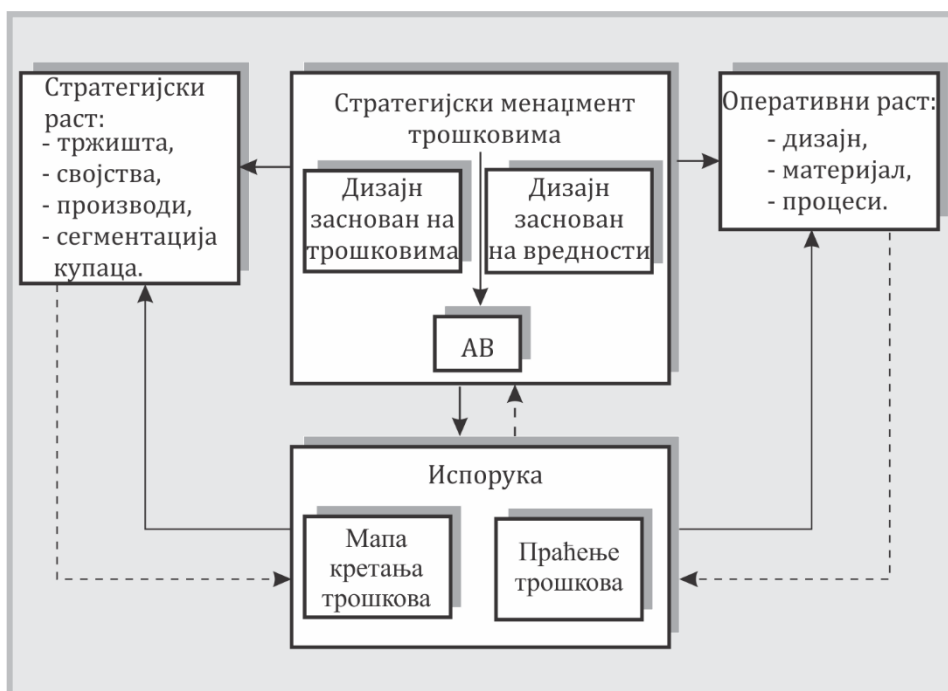
Слика 6.3 Повезивање трошкова производње и трошкова функција

У овом моделу за функцију [1 „Ограничити притисак“] (на слици 6.3) „ограничити притисак“ укупни трошкови су 73,50, који се распоређују на трошкове производње делова (укупно 132,50). Из изложеног примера се види да се највеће компонентне вредности функција односе на [1.4 „Остварити притисак“] = 25 и [1.5 „Спровести мере заштите“] = 15. У даљем току анализе изналазе се мере смањивања вредности сваке функције, а посебно оних са највећим

учешћем. На нивоу *VA* то се остварује (1) применом конструкције, (2) применом материјала, (3) применом начина коришћења, итд.

6.4 Модел инжењерства вредности (*VE*) и менаџмента вредности (*VM*)

У концепту *VE* посматра се животни циклус производа, од идеје, развоја, производње, продаје, коришћења у постпродаји, сервисирања и рециклаже. Најчешће се *VE* посматра у фази развоја или иновација производа. На слици 6.4 приказани су концепти и ефекти *VE* у току животног циклуса производа (*Product Life Cycle – PLC*).



Слика 6.4 *VE* у животном циклусу производа (Stack V., 2015)

У овом моделу *VE* дизајн производа се врши преко дизајна заснованог на вредности (*Design To Value – DTV*) и/или дизајна заснованог на трошковима (*Design To Cost – DTC*), који се могу посматрати као итеративни процеси (слика 6.5).



Слика 6.5 Процеси за остваривање *DTV* и *DTC* (Staaek V., 2015)

Менаџмент вредношћу је заснован на *DTV*, а анализа и инжењеринг вредности на *DTC*. Треба истаћи да менаџмент вредности у производним системима полази од вредности за купца, тј.

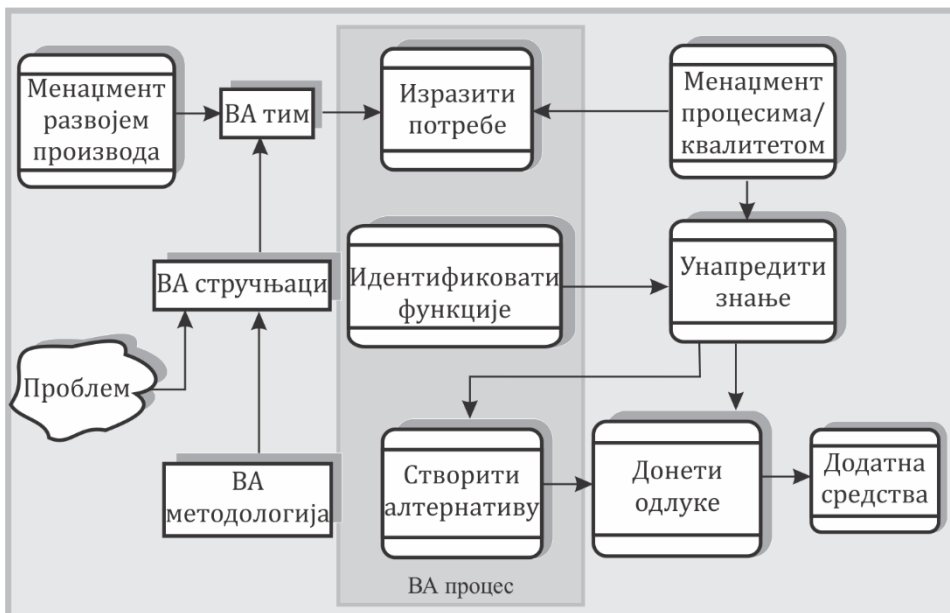
$$\text{Вредност за крајњег купца} = \frac{\text{потребе} + \text{циљеви} + \text{квалитет}}{\text{максимално утрошени ресурси за њихово остварење}}$$

Кроз концепт трошкова за остварење производа у животном циклусу тежи се умањењу имениоца у овом изразу (кроз смањење трошкова ресурса), а кроз концепт квалитета задовољења потреба и циљева купаца у вези производа. Вредност бројоца и имениоца у овом изразу се израчунавају у односу на:

Q – (понуђени (стварни) / очекивани ниво квалитета),

R – (расположиви / потребни ниво ресурса).

Највећа вредност се остварује када је $Q > 1$, $R = 1$, а најмање када је $Q < 1$, и $R \geq 1$. Менаџмент вредности се одвија као процес приказан на слици 6.6.



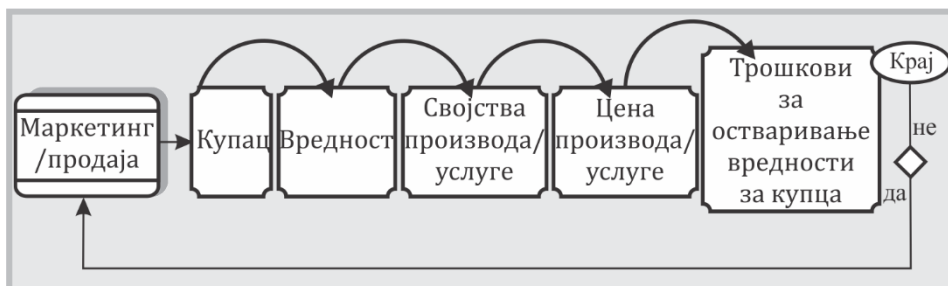
Слика 6.6 Процес стварања додатне вредности

Разликују се следећи типови вредности (Thiry M. 1997):

- вредност коришћења као износ средстава за реализацију и коришћење производа са очекиваним перформансама,
- вредност поседовања, због престижа, изгледа итд.,
- вредност за размену производа,
- трошкова вредност за остваривање функција производа,
- вредност функција као однос вредности/значаја функција и трошкова функција.

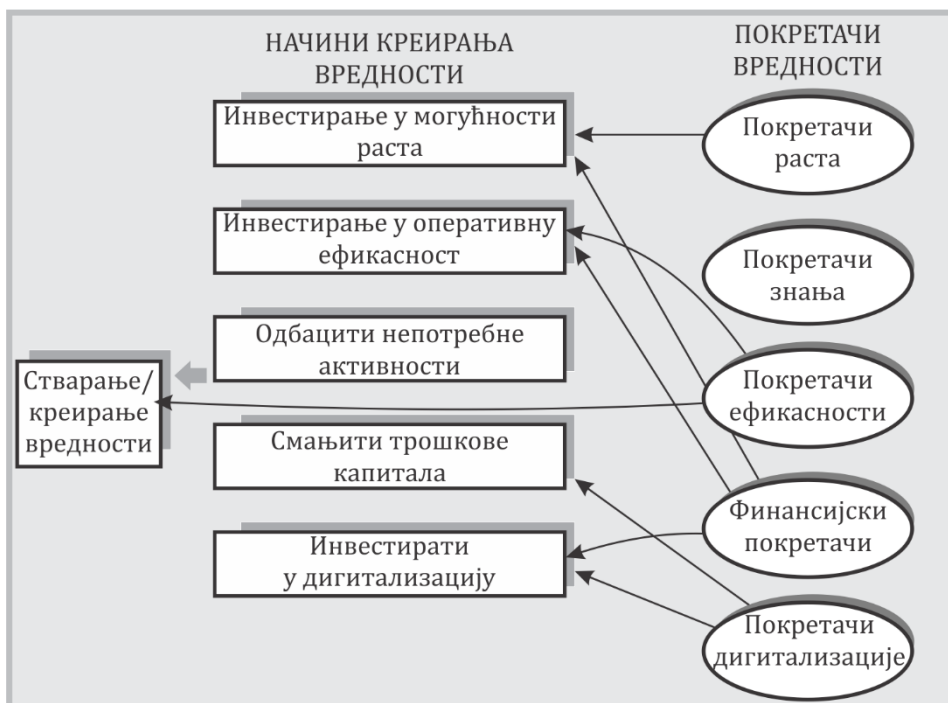
Оријентација ка вредности за крајњег купца (слика 6.7) полази од купца, а завршава се оценом трошкова, односно вредности за производни систем. Поред вредности за купца разликују се:

- маркетинг базиран на вредности,
- одређивање цена на бази вредности,
- продаја базирана на вредности.



Слика 6.7 Процес остваривања вредности за крајњег купца

У овом процесу значајно је идентификовати и управљати кључним покретачима вредности, што је приказано на слици 6.8. Узимајући у обзир читав ланац стварања вредности, може се рећи да покретачи стварања вредности долазе из окружења предузећа. Пошто сваки наредни ентитет у процесу стварања вредности представља купца за производ који настаје тренутно, може се констатовати да су покретачи стварања вредности доминантно везани за купца. То се може анализирати и кроз дефинисање квалитета из перспективе купца. Што се тиче начина стварања вредности, они представљају оперативне активности које треба претходно треба добро осмислити и разрадити.



Слика 6.8 Веза покретача вредности и креирања вредности

Начини креирања вредности у предузећу треба да буду у складу са *Lean* принципима производње тако да је потребно смањивати трошкове капитала и елиминисати све непотребне активности. Потребно је, такође, унапређивати производњу кроз различите концепте, нпр. *JIT* тако да је потребно инвестирати и у оперативну ефикасност. Све наведене активности се могу реализовати док се прате трендови тржишта и технолошки трендови, тако да је потребно инвестирати у могућности раста и дигитализацију.

Са аспекта менаџмента разликује се фокус мерења вредности (слика 6.9). Покретачи вредности:

- имају велики утицај на вредност и
- они су контролабилни.

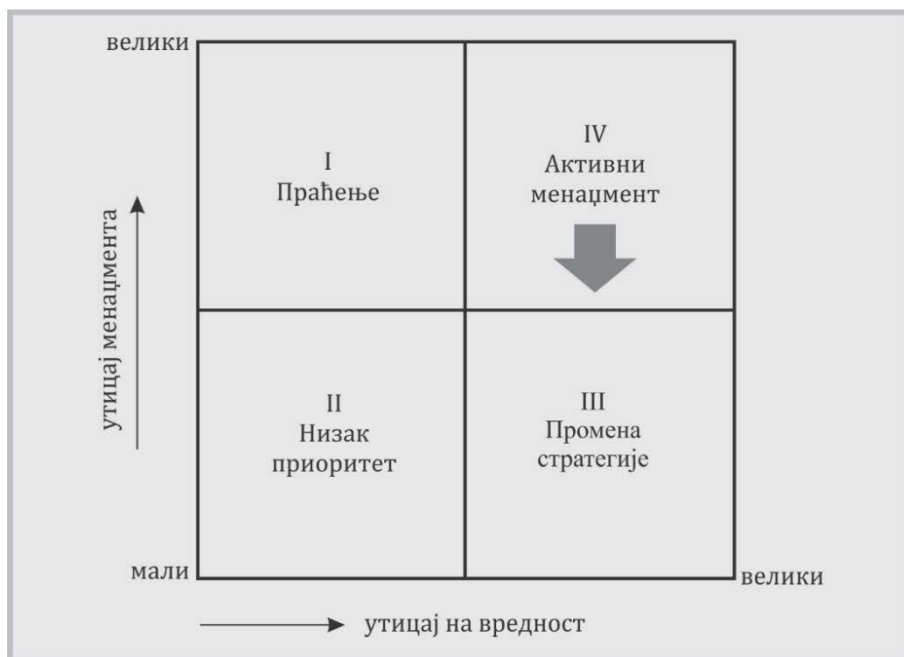


Слика 6.9 Усклађивање одговорности менаџмента за покретаче вредности

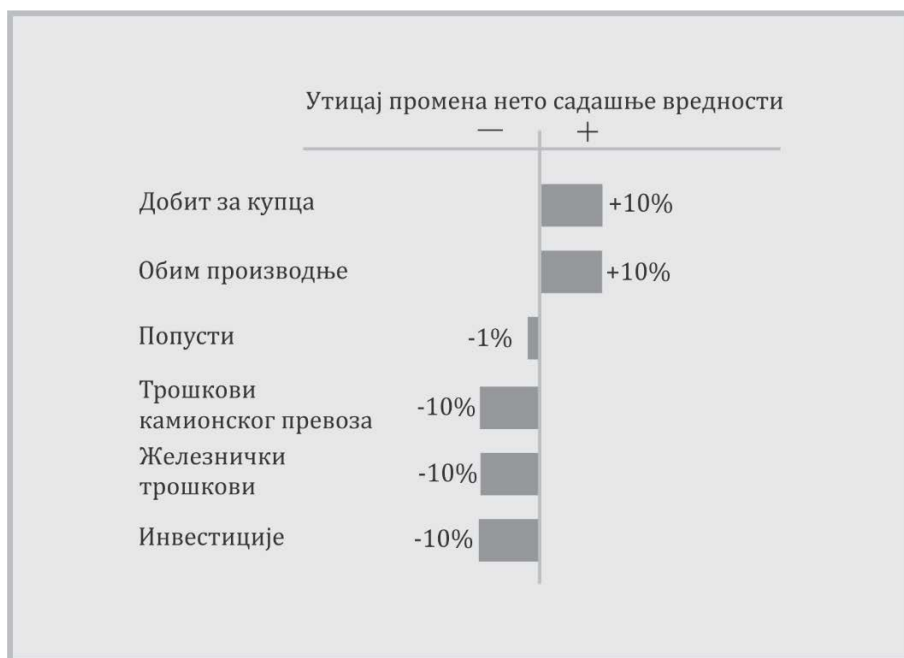
Анализа покретача вредности остварује се у три корака:

1. **корак:** развој мапе покретача вредности сопственог пословања (као на слици 6.10),
2. **корак:** тестирање сензитивности покретача трошкова (као на слици 6.11) и
3. **корак:** тестирање контролабилности покретача трошкова (као на слици 11.12).

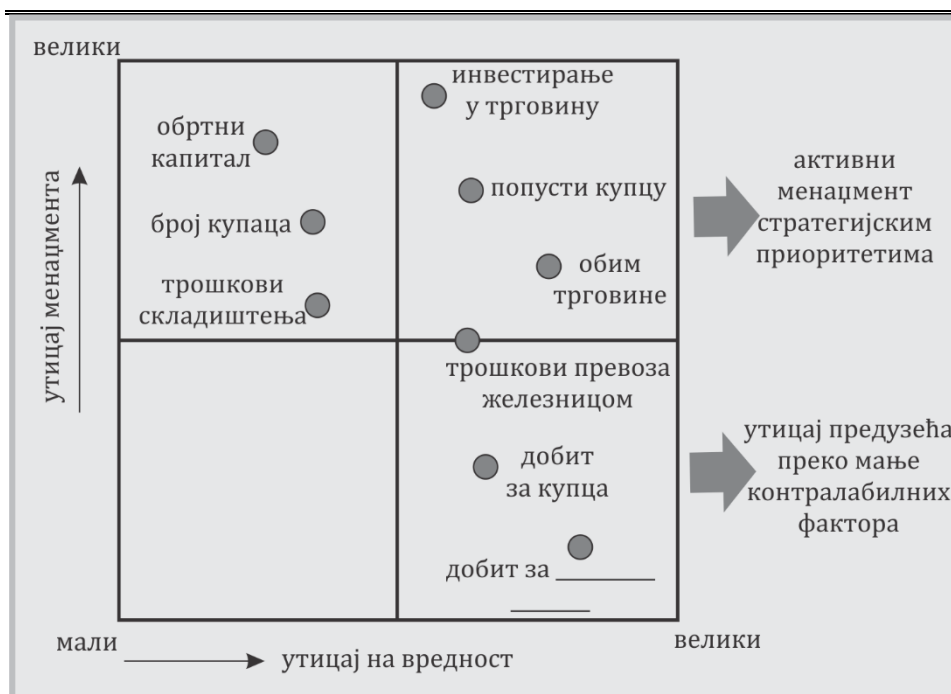
Имајући у виду да покретачи вредности пословања у већој мери потичу из окружења, потребно је извршити њихово мапирање како би се одредили правци деловања на исте. Да би се одредио обим и интензитет тих активности, потребно је спровести тестирање сензитивности покретача трошкова.



Слика 6.10 Матрица покретача вредности



Слика 6.11 Сензитивност покретача вредности



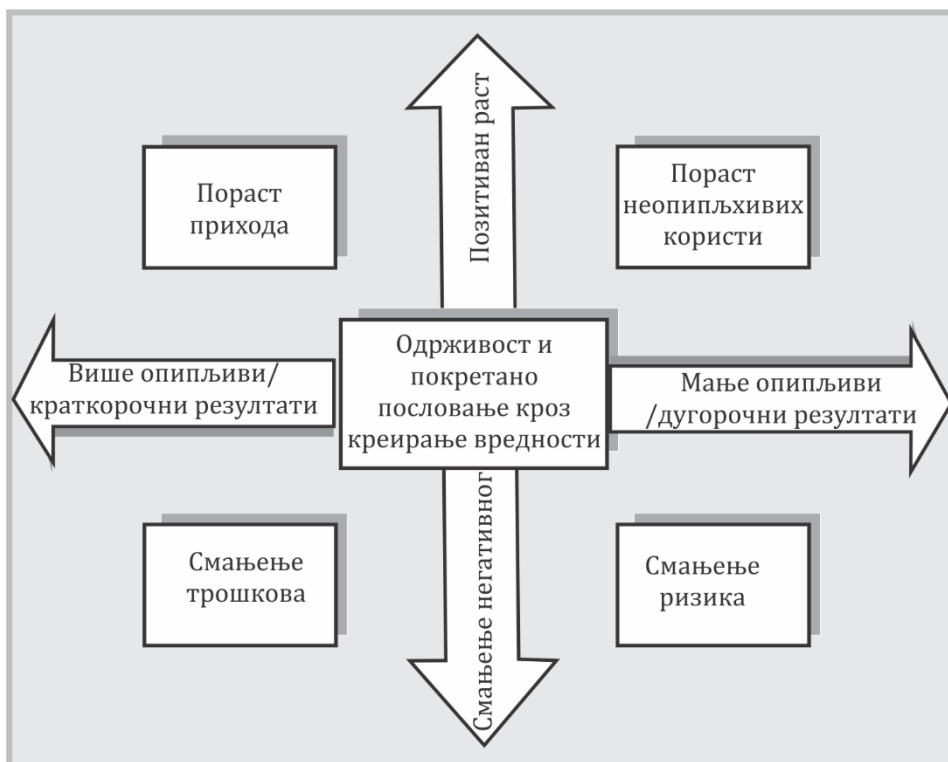
Слика 6.12 Портфолио утицаја на вредност и утицај менаџмента

На основу претходног, вредност за производни систем се може оценити преко три компоненте:

1. идентификација одрживости пословања,
2. иновирање портфолија производа и
3. успостављање метрике у целом производном систему (слика 6.13).

Свака од три наведене компоненте је важна за производни систем. Одрживост пословања је нарочито постала заступљена где се у пракси јасно види њен утицај. Ово се нарочито односи на аутомобилску индустрију где све већи број произвођача прелази на производњу возила која користе струју или неки други вид горива уместо нафтних деривата. Иновирање портфолија производа је карактеристично за успешна предузећа при чему се види да компаније које су лидери у својим областима имају јасно диференцирани портфолио, нпр. *Samsung*, *BMW* и сл. Успостављање метрике на нивоу читавог система је битно зато што се кроз праћење перформанси може

управљати квалитетом, финансијама али и вредношћу читавог система. За ове потребе могуће је развити сопствени информациони систем али је исто тако могуће користити и нека развијена решења на тржишту.



Слика 6.13 *Оцена вредности одрживости на пословање предузећа/производног система (Holst, 2015)*

Проширење појма вредности ка стејкхолдерима односи се на:

- државу (интелектуални капитал, животна средина, већи буџет, итд.),
- становнике у окружењу производног система (квалитет живота, породицу, итд.),
- добављаче (смањење трошкова, учешће у развоју вредности), итд.

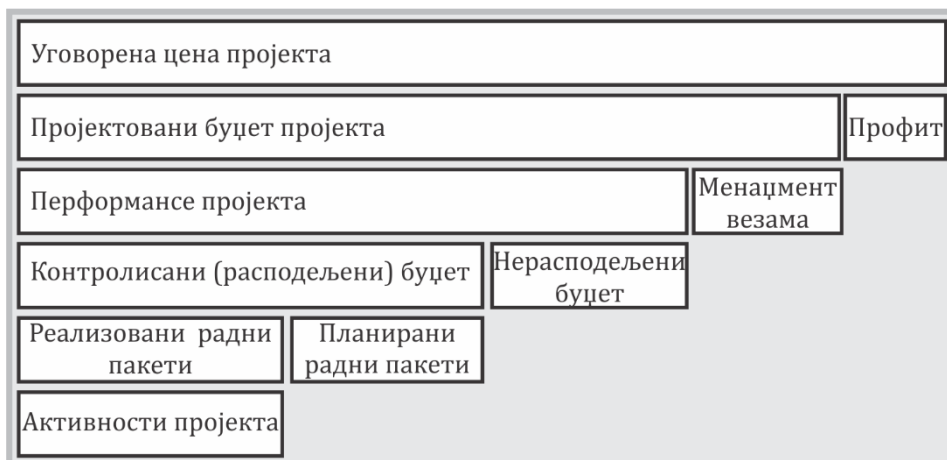
За стејхолдере једног предузећа веома је битно успешно пословање и одржавање добрих односа са окружењем. То подразумева добре односе и са добављачима, купцима, локалном самоуправом и локалном заједницом. Предузеће може бити ангажовано кроз различите програме друштвене и корпоративне одговорности и усмерено на унапређење квалитета живота својих запослених и других стејхолдера.

6.5 Менаџмент вредношћу пројекта

Пројектима се у производним системима реализују значајнија унапређења пословања, која се односе на реализацију нових производа, развој и/или примену нових технологија, итд.

Овим пројектним активностима троше се ресурси, а као резултат остварују се финансијске и друге користи.

За сваки пројекат карактеристична је структура приказана на слици 6.14.



Слика 6.14 Структура буџета за комплетирање пројекта (*Budget At Completion – BAC*)

Нераспоређени буџет и менаџмент резерва се користе за отклањање ризика у току пројекта. У пракси је реално да дође до манифестације могућих ризика и до настанка нежељених ситуација. Управо због тога је потребно предвидети менаџмент резерве како би

се настале ситуације решиле на једноставан начин и да не би било одлагања пројектних активности.

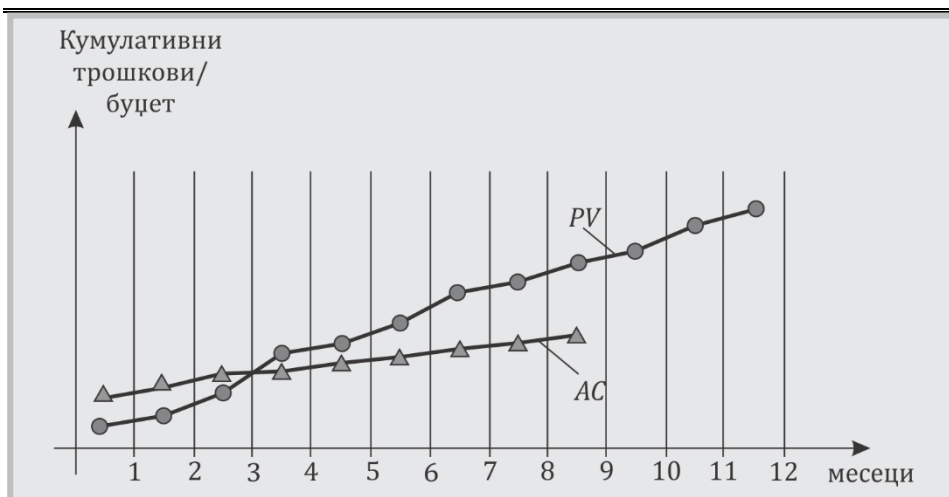
Вредност пројекта се исказује преко:

- *EV (Earned Value)* – зарађена вредност која је једнака *PV (Planned Value)* – планираној вредности када се активности пројекта у целости заврше,
- *AC (Actual Cost)* – стварни трошкови настају при реализацији задатака,
- *CV (Cost Variance)* – варијанса трошкова која настаје као разлика између (*EV*) и (*AC*), тј. $CV = EV - AC$. Ако је *CV* негативно, то значи да је за рад потрошено више него што је предвиђено у буџету.
- *CPI (Cost Performance Index)* – индекс перформанси трошкова је однос између *EV* и *AC*. Ако је $CPI = 1$, то значи да су трошкови радних активности једнаки са оним предвиђеним у буџету.
- *EAC (Estimate At Completion)* - Очекивани укупни трошкови завршетка свих радова изражени као однос вредности буџета на крају пројекта (*Budget at completion-BAC*) и индекса перформанси трошкова (*CPI*): $EAC = BAC/CPI$,
- *ETC (Estimate to Complete)* – трошак завршетка преосталог рада (до посматраног датума) који представља разлику очекиваног укупног трошка (*EAC*) и стварног трошка (*AC*): $ETC = EAC - AC$.

На основу ових индикатора одређују се:

- *EV* – зарађена (остварена) вредност,
- *EVM* – менаџмент вредностима пројекта (трошкови пројекта),
- *EVMS* – систем менаџмента предвиђених пројеката (алати и процеси који се користе за остваривање *EVM*).

Праћење вредности пројекта приказано је на слици 6.15. Временски периоди након којих се врши праћење вредности пројеката могу се дефинисати на нивоу трајања сваког пројекта или на нивоу организације која реализује пројекте.

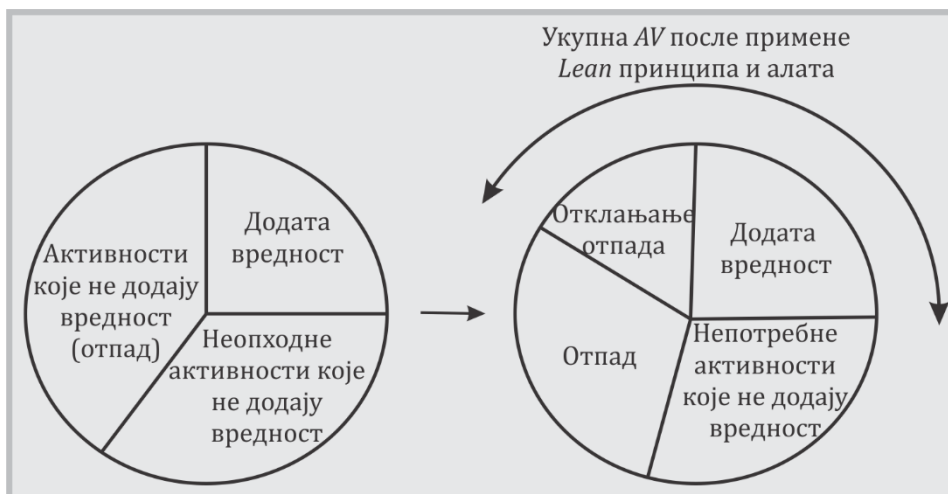


Слика 6.15 Праћење планиране вредности (PV) и стварних трошкова (AC) у времену

Код дугорочних пројеката за оцену вредности користи се:

- концепт нето садашње вредности (NPV – Net Present Value):
 $NPV = Vi - Vf$, где су:
 - Vi – вредност добијена инвестицијом,
 - Vf – стратегијска вредност
- или преко додатне вредности на тржишту (Market Value Added (MVA) = вредност на тржишту – инвестирани капитал) или повраћаја новца после инвестирања (CF ROI)
- или додатна вредност за акционаре (Stakeholder Value Added - SVA):
 $SVA = (\text{Садашња вредност тока новца за операције у предвиђеном периоду} + \text{резидуална вредност} + \text{осигурање}) - \text{дуг.}$

Код *Lean* пројеката врши се мапирање тока вредности пројекта (може и за стабилно пословање) и кроз примену 5 *Lean* принципа утврђују се вредности, као нпр. на слици 6.16.



Слика 6.16 *Lean* концепт додатне вредности

У новим концептима као што су *Industry 4.0*, *Society 5.0* концепт менаџмента вредношћу добија још већи значај и тесно је повезан са знањем и применом паметних технологија оријентисаних ка ствараоцу вредности (нпр. у *Industry 4.0*) и кориснику вредности (*Society 5.0*).

6.6 Модели квалитета и вредности

Квалитет је уско повезан са вредношћу преко различитих концепата, од којих се издвајају:

- а) вредност из угла крајњег купца при куповини:

$$V_1 = \frac{\text{квалитет производа/услуге}}{\text{цена производа/услуге}}$$

- б) вредност из угла крајњег купца при коришћењу:

$$V_2 = \frac{\text{Укупни квалитет у животном циклусу производа}}{\text{трошкови набавке и коришћења у животном циклусу производа}}$$

- с) квалитет и безбедност производа:

$$V_3 = \frac{\text{Квалитет при куповини} + \text{безбедност производа}}{\text{Цена производа} + \text{трошкови у PLC}}$$

d) квалитет и утицај на животну средину у PLC:

$$V_4 = \frac{\text{Квалитет у PLC}}{\text{негативни утицај на животну средину} - \text{позитиван утицај на животну средину}}$$

Веза између квалитета живота и вредности је предмет многих анализа. Лидери у индустрији често потенцирају унапређење квалитета живота кроз развој производа који поседују висок ниво вредности за крајњег купца.

Питања за обнављање градива

1. Објаснити појам вредности производа.
2. Објаснити менаџмент вредношћу производа.
3. Које врсте трошкова се разликују код краткорочног праћења трошкова?
4. Како се рачунају јединични трошкови?
5. Објаснити везу величине предузећа и јединичних трошкова.
6. Навести врсте трошкова по фазама настајања.
7. Који фактори утичу на продуктивност рада?
8. Објаснити једначину вредности производа.
9. Објаснити шта подразумева вредност за крајњег купца.
10. Објаснити процес стварања вредности за крајњег купца.
11. Које везе постоје између покретача вредности и креирања вредности?
12. Објаснити менаџмент вредношћу пројекта.

Литература

1. BARTON, Robert T., 'Back to basics: an overview of value management. In: *Proceedings of the Hong Kong Institute of Value Management (HKIVM) International Conference, Hong Kong Institute of Value Management*. 2000, ISSN 1029-0982.
2. BERNOULLI, Daniel, Exposition of a new theory on the measurement of risk. In: *The Kelly capital growth investment criterion: Theory and practice*. 2011, str. 11-24, ISBN 978-1-2831-4834-4.
3. BERNSTEIN, Peter L., BOGGS, Jesse, *Against the Gods: The Remarkable Story of Risk*. John Wiley and Sons, New York City, NY, USA, 1996, ISBN 978-0-471-29563-1.
4. COHEN, Ben, WARWICK, Mal., *Values-driven business: How to change the world, make money, and have fun*. Berrett-Koehler Publishers, Oakland, USA, 2006, ISBN 978-1-5767-5951-6
5. HOLST, Alexander, FRANCK, A., MORRISON, H. Sustainability value management: Stronger metrics to drive differentiation and growth, Retrieved from https://www.accenture.com/t20151016T043701_w_/us-en/_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/DotCom/Documents/Global/PDF/Strategy_6/Accenture_Sustainability_Value_Management.pdf, 2015.
6. HOLWEG, Matthias, FRITIS, Pil, *The second century: reconnecting customer and value chain through build-to-order moving beyond mass and lean in the auto industry*. MIT Press Books, Cambridge, MA, USA, 2005, ISBN 978-0-2620-8332-4.
7. Identifying and Managing Key Value Drivers | L.E.K. Consulting, 2017. *Lek.com* [online].
8. IYER, Subramanian S., *Managing for Value*. New Age International, Delhi, India, 2009, ISBN 978-8-1224-2214-6.
9. KUROKAWA, Yasuyoshi. *M & A for Value Creation in Japan*. World Scientific, 2010.
10. MICHEL, Thiry. Value management practice. *Project Management Institute, Sylva, NC*, 1997, ISBN 978-1-8804-1014-1.

11. MILES, Lawrence D. *Techniques of Value Analysis and Engineering. /Lawrence D. Miles Value Foundation: Published by Xerox Corporation.-1989.-366 p, 1989.*
12. MILES, Lawrence D. *Value engineering: Wertanalyse, die praktische Methode zur Kostensenkung.* Verlag Moderne Industrie, 1964.
13. RIGGS, James, FELIX, Glenn, *Productivity by objectives: Results-oriented solutions to the productivity puzzle,* Prentice Hall, New Jersey, 1983, ISBN 978-0-1372-5374-6.
14. SILVIUS, Gilbert, A. J., The business value of IT: a conceptual model for selecting valuation methods. *Communications of the IIMA*, Vol. 8, No. 3, 2008, str. 6, ISSN 1543-5970.
15. STAACK, Volker, MOEBIUS, Reinhard, Strategic product value management: How companies can improve innovation, reduce costs, and mitigate risk. Report No. 12, 2015.
16. STEVENSON, Deborah, *Value Management and Value Engineering,* NSW Government Business Case Practitioner Notes, No. 26, 2019.
17. WERTANALYSE, VDI-Zentrum, et al. (ed.). *Wertanalyse: Idee-Methode-System.* Springer, Berlin/Heidelberg, Germany, 1997, ISBN 978-3-1840-3235-7.

Поглавље 7.

УПРАВЉАЊЕ РАЗВОЈЕМ ПРОИЗВОДА И ТЕХНОЛОГИЈА

Циљеви	Структура поглавља
После читања овог поглавља бићете оспособљени да:	
1. Објасните основе развоја производа и технологија	7.1 Основне поставке развоја производа и технологија
2. Објасните зашто је важан процес развоја и који су услови обликовања производа	7.2 Карактеристике развоја производа 7.3 Услови обликовања производа
3. Објасните међузависност активности развоја ного производа и осталих активности у предузећу	7.4 Карактеристике односа производ – тржиште
4. Објасните фазе процеса развоја и оцените улогу квалитета у развоју новог производа	7.5 Управљање развојем производа и технологија 7.6 Излазне информације из процеса развоја производа

7.1 Основне поставке развоја производа и технологија

Развој производа обухвата више активности у области пројектовања производа и одговарајућих измена на њима у циљу задовољења потреба купаца и успешног пласирања производа на тржиште које обухватају (*Smiljanic, 1992*):

1. Одређивање техничких и функционалних карактеристика производа.
2. Израду идејног (концепцијског) решења производа.
3. Стилско обликовање производа.
4. Прорачун виталних елемената производа.
5. Израду конструктивне документације за прототип производа.
6. Израду прототипова производа.
7. Испитивање прототипова производа.
8. Израду производне - конструкционе документације за производе и техничко одобрење производа.
9. Израду преостале техничке документације о производу (упутство за употребу, упутство за одржавање, каталози итд.).
10. Праћење производа у експлоатацији и спровођење конструкционих унапређења.

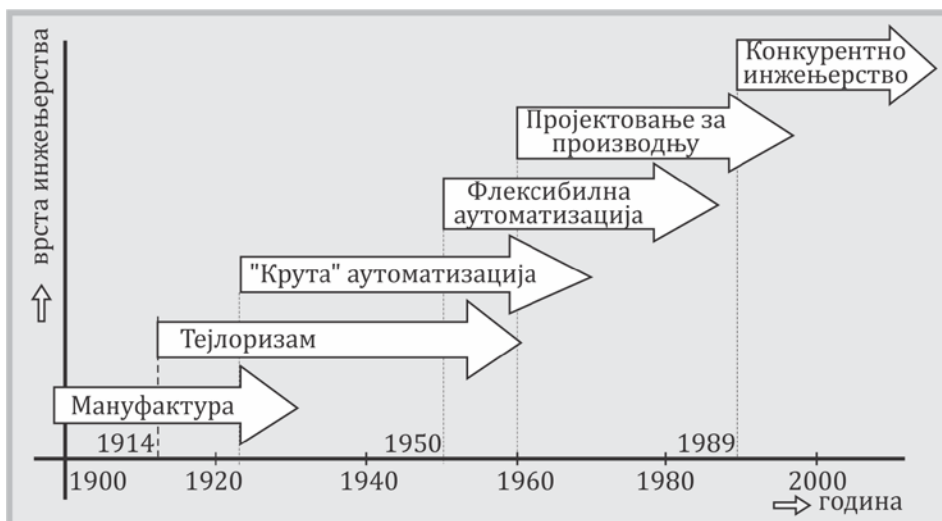
Може се рећи да развој (пројектовање) технологије подразумева активности које се тичу дефинисања технологије израде производа. У том смислу, узимају се у обзир различити захтеви – захтеви у домену очувања животне средине, захтеви одрживог развоја, захтеви заштите здравља на раду и друштвене одговорности (*Schmidt & Huenteler, 2016*).

Посебно су важне активности дефинисања редоследа операција (технолошког циклуса) израде производа, активности дефинисања елементарних поступака и операција, и активности дефинисања врсте,

карактеристика и количина средстава за рад. Поред наведених, као важне активности за процес развоја производа и технологија подразумева се одређивање времена израде компоненти и производа у целини, норматива материјала, енергије, флуида, и сл. У домену организације рада, за потребе развоја производа и технологија, важно је обратити пажњу на дефинисање сложености процеса рада, степена стручности, компетенција запослених и броја радника. Ово се највише односи на пројектовање технолошких основа процеса производње и пројектовање технолошких решења заштите околине предузећа од примењених технологија. Као веома битне активности, издвајају се још пројектовање транспорта, система за паковање и транспортних јединица, конструисање специјалних резних и мерних алата, и дефинисање врста и количина помоћног и потрошног материјала.

У области пројектовања поступака и технологија користи се велики број поступака и процедура. Примена рачунара, а посебно *CAD/CAM* (енгл. *Computer-aided design/Computer-aided manufacturing*) система, не само да убрзава активности развоја, већ ствара претпоставке за формирање нових концепата развоја.

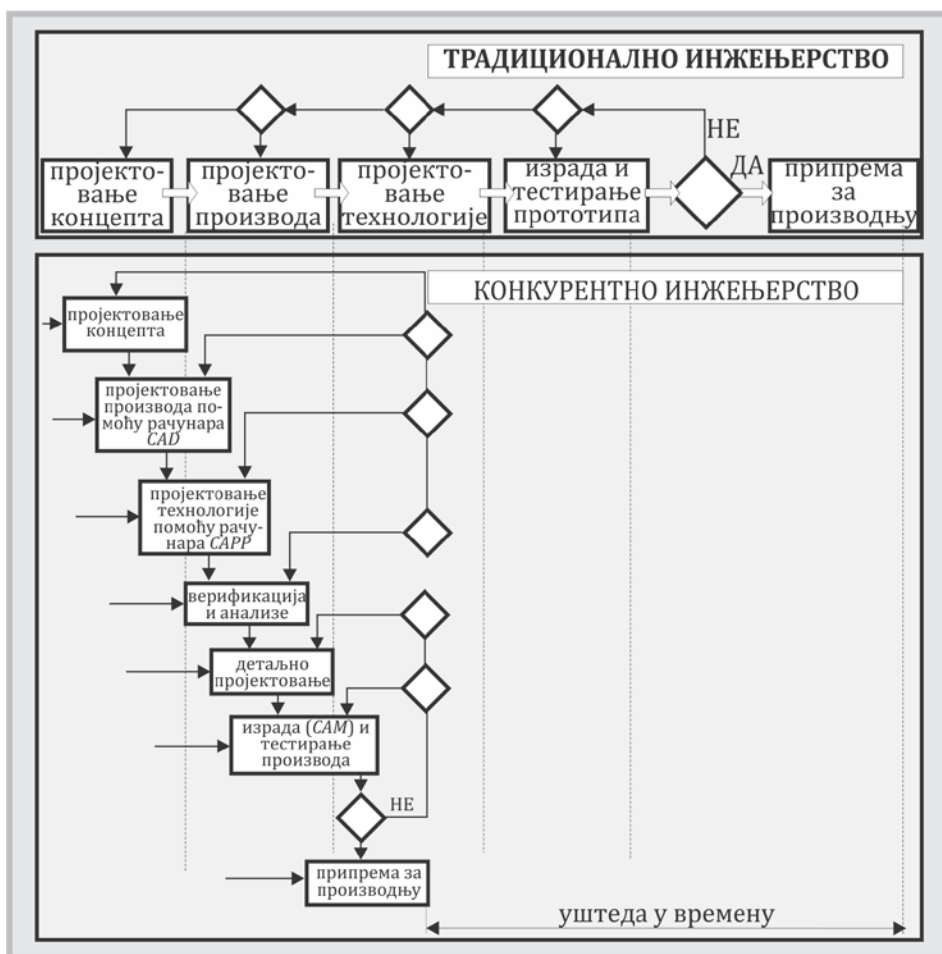
Конкурентно инжењерство је савремени концепт развоја производа и технологија, који је еволутивно настао у области инжењерства производа (слика 7.1).



Слика 7.1 Фазе развоја инжењерства

Поред термина конкурентног инжењерства, користе се и појмови симултано инжењерство (*simultaneous engineering*) и интегрисано инжењерство (*integrated engineering*).

Основни циљ конкурентног инжењерства је смањење времена развоја нових производа и трошкова развоја, уз повећање квалитета у фази пројектовања производа и технологије израде.



Слика 7.2 Конкурентно инжењерство vs традиционално инжењерство

Смањење времена развоја нових производа и трошкова развоја се остварује тако што се уместо традиционалног поступка са редно везаним фазама инжењерства (конципирање производа, пројектовање

производа и технологије израде производа, израда прототипа, тестирање прототипова и припрема за производњу) инжењерство остварује са комбинованим одвијањем наведених активности (слика 7.2).

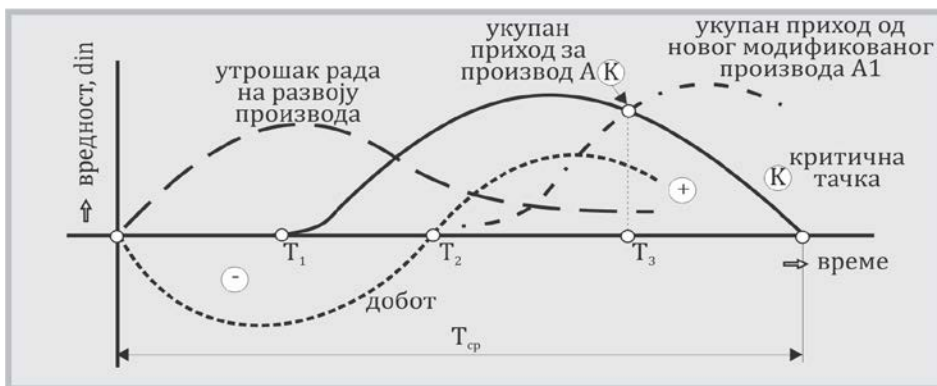
Резултат оваквог приступа инжењерству је брже освајање измена на постојећем производу и скраћење времена развоја производа.

Основна претпоставка за примену конкурентног инжењерства је информациона инфраструктура, која се обезбеђује применом савремених информационих и комуникационих система. На тај начин је могуће превазићи и друге традиционалне проблеме као што су неопходност физичког присуства чланова тима који се баве инжењерством производа. Савремене платформе за комуникацију и колаборацију су се показале као ефикасни алати, нарочито током 2020. године и појаве пандемије на светском нивоу. Софтверска решења за комуникацију и колаборацију која се често примењују су *Asana*, *Trello*, *Zoom*. Ове платформе је релативно лако користити и представљају квалитетна решења за начин рада који подразумева конкурентно инжењерство. Поред поменутих, за колаборацију и едукацију, користе се још и платформе као што је *MS Teams*, *Big Blue Button*, и сл. Од сличног значаја је проблем координирања тимског рада већег броја стручњака, што је посебно изражено код сложених развојних пројеката.

7.2 Карактеристике развоја производа

Тржиште захтева сталне измене постојећих и развој нових производа. У првом случају сваки производ пролази кроз карактеристичне фазе приказане на слици 7.3. Циљ функције развоја је да се укупна вредност негативне добити смањи, односно да се максимизира разлика позитивне и негативне добити, смањивањем времена T_1 , а посебно T_2 . У другом случају, у току развоја и експлоатације постојећег производа "А", генеришу се нове идеје за побољшање постојећег производа, па се након развоја модификованог

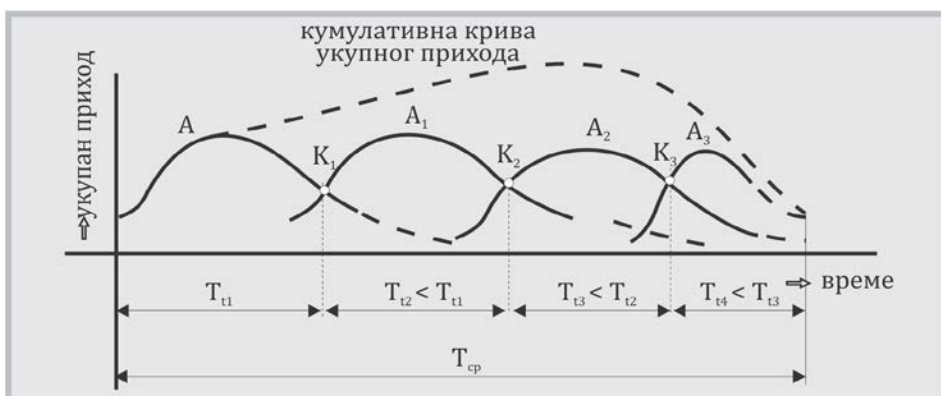
производа и израде поступа исти лансира у производњу и касније на тржиште. Укупни приход од продаје новог производа "A₁" расте и у једном тренутку се изједначава са приходом од производа "A" (тачка K). Након времена T₃, мења се пословна стратегија у овој области, па производ "A₁" постаје базни и даље се модификује у складу са захтевима тржишта.



Слика 7.3 Карактеристичне фазе у току животног века производа

На дужину трајања циклуса производа (T_{cp}) утиче укупна вредност размене производа у времену трајања животног циклуса V_q, трошкови развоја производа T_r односно њихов однос који се назива степен добротe новог производа (K_d):

$$K_d = \frac{V_q}{T_r}$$



Слика 7.4 Повећање укупног прихода и животног циклуса производа развојем већег броја модификованих производа

Како је тешко обезбедити висок степен доброте са потпуно новим производима, у пракси се решење тражи у продужавању животног циклуса T_{cp} , развојем већег броја варијанти (модификација) производа (слика 7.4).

При томе је дужина карактеристичних временских интервала:

$$T_{ti} < T_{ti+1} < T_{ti+2} \dots \text{ итд.}$$

што значи да се стално скраћује животни век модификације производа. У тренутку када се утврди да је, са економског аспекта, повољније приступа се развоју новог производа. Са развојем новог производа "В" започиње раније описани циклус, при чему је T_{cpB} у највећем броју случајева:

$$T_{cpB} > T_{cpc}$$

Дакле, промена производа остварује се променом модела, типа или компоненте.

7.3 Услови обликовања производа

Услови обликовања производа полазе од погодности обликовања улазних елемената ради задовољења основне функције коју производ треба да обавља. Након тога анализирају могућности производних процеса у смислу комплексности реализације производа – технологичност производа. Такође, важни аспекти обликовања производа подразумевају пројектовање према захтевима одржавања, ергономије и заштите животне средине. Из наведеног следи да сама технологичност конструкције производа представља меру колико је посматрани производ погодан за израду, монтажу, експлоатацију, ергономију, одржавање и друге аспекте из животног века производа.

Задовољење основне функције мора да се односи на цео животни циклус производа у предвиђеним условима рада и представља круцијални услов за даљи рад на обликовању. Услови обликовања треба да задовоље и рационално располагање производним ресурсима као и захтеве квалитета, јер остваривање основне функције зависи од свих прописаних димензија и спецификација производа. На квалитет производа доста утичу услови израде производа који почивају на

карактеристикама технолошких система, односно од технологичности.

Може се рећи да постоје више подела показатеља технологичности, нпр. на основне и изведене показатеље, или квантитативне и квалитативне показатеље (*Amirov, 1990; Todić, 2011*). Квалитативни и основни показатељи технологичности могу бити погодност израде, погодност уградње, степен технолошке сложености, структура производа, расподела карактеристика делова, итд. Квантитативни и изведени показатељи технологичности (*Перовић, 1996*) могу бити учешће времена одређене врсте обраде у укупном времену израде, однос стандардних делова и производа у укупном броју делова и производа, утрошени рад по јединици производа, однос тежине производа и утрошеног материјала, ниво стандардизације и однос типизираних делова и производа у укупном броју делова и производа, итд.

Повећање нивоа технологичности може се остварити и квантификовати на више начина (*Parraguez, 2019*). Неки од њих подразумевају упрошћавање облика производа, повећање примене стандардних и типизираних технолошких облика и делова, повећање примене групне технологије, повећање степена обрадивости материјала, или примену ФМЕА методе, итд.

Услов квалитета производа је значајан због значаја квалитета у пословној стратегији предузећа (*Zhao et al., 2018*). У том смислу квалитет има четири аспекта и то:

- технички,
- економски,
- тржишни и
- естетски.

Технички аспект квалитета узима у обзир погодност за употребу која се састоји из безбедности, радних својстава и поузданости производа, тачност мера, квалитет површина и квалитет структуре.

Економски аспект квалитета узима у обзир цену, трошкове квалитета, продуктивност и добит.

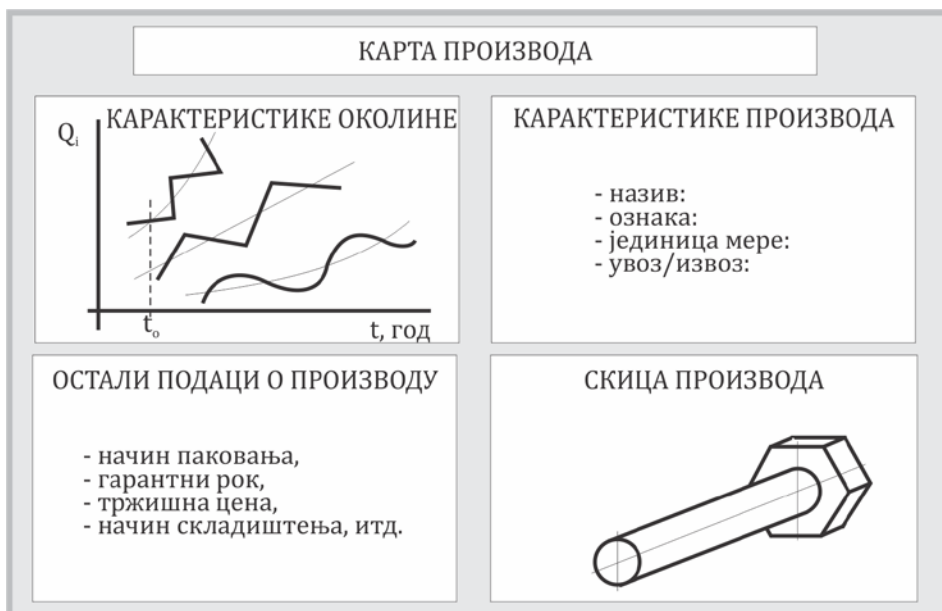
Тржишни аспект квалитета узима у обзир флексибилност и оријентисаност према купцу,

Естетски аспект квалитета узима у обзир облик, изглед, боју, савременост и амбалажу.

Обликовање производа се врши узимајући у обзир и захтеве за одржавањем. То значи да се при пројектовању производа тежи обезбеђењу високе погодности за одржавањем односно минимизирању односа времена стања опреме у отказу и раду. Поменуте карактеристике производа се обезбеђују тако што се конципира производ који не захтева посебан надзор у току животног века, или ипак захтева периодични надзор у току животног века. Поред тога, за делове производа који су често у стању отказа дефинише редовни надзор.

7.4 Карактеристике односа производ - тржиште

У складу са захтевима стандарда серије *ISO 9000* производ мора да испуни основне дефинисане захтеве у погледу карактеристика везаних за испуњење захтева који се тичу производње и тржишта, а узимају у обзир потребе и жеље купаца, усаглашеност са захтевима околине, продају по конкурентским ценама, обезбеђење профита, итд. У једном предузећу, однос између производа и тржишта анализира се у подсистему маркетинга. Те активности подразумевају праћење величина од интереса у дужем временском периоду и понашање тражње и цена производа на тржишту. Поред тога, наведене активности подразумевају и предвиђање тражње и цена нових и унапређених (модификованих) производа у наредном периоду.



Слика 7.5 Изглед карте производа

Постоје различите методе које се користе за анализу тражње коју одређује тржиште. Основна подела је на квалитативне и квантитативне методе (Stevenson, 2017).

Квалитативне методе подразумевају доношење одлука на основу искуства, људског фактора, добре праксе, упитника које попуњавају крајњи купци, и сл.

У случају употребе квантитативних метода, користе се методе засноване на временским серијама које одређује (Stevenson, 2017) тренд, сезонски карактер, постојање цикличне тражње, неправилне и случајне промене у тражњи. За тренд је карактеристично дугорочно подизање или смањење тражње у приближним износима. Сезонски карактер је везан за промену тражње у току трајања сезоне, нпр. лети расте тражња за сладоледом, зими расте тражња за скијашком опремом и обрнуто. Циклична тражња се јавља у временском периоду који је у просеку дужи од годину дана а везује се за утицај политичких, друштвених, па чак и услова у пољопривреди. Неправилне промене у тражњи се односе на оне које настају због утицаја фактора као што су временске непогоде, штрајкови и сл. Случајне промене у тражњи се

односе на оне промене које могу настати након анализе свих фактора који реално могу изазвати промене.

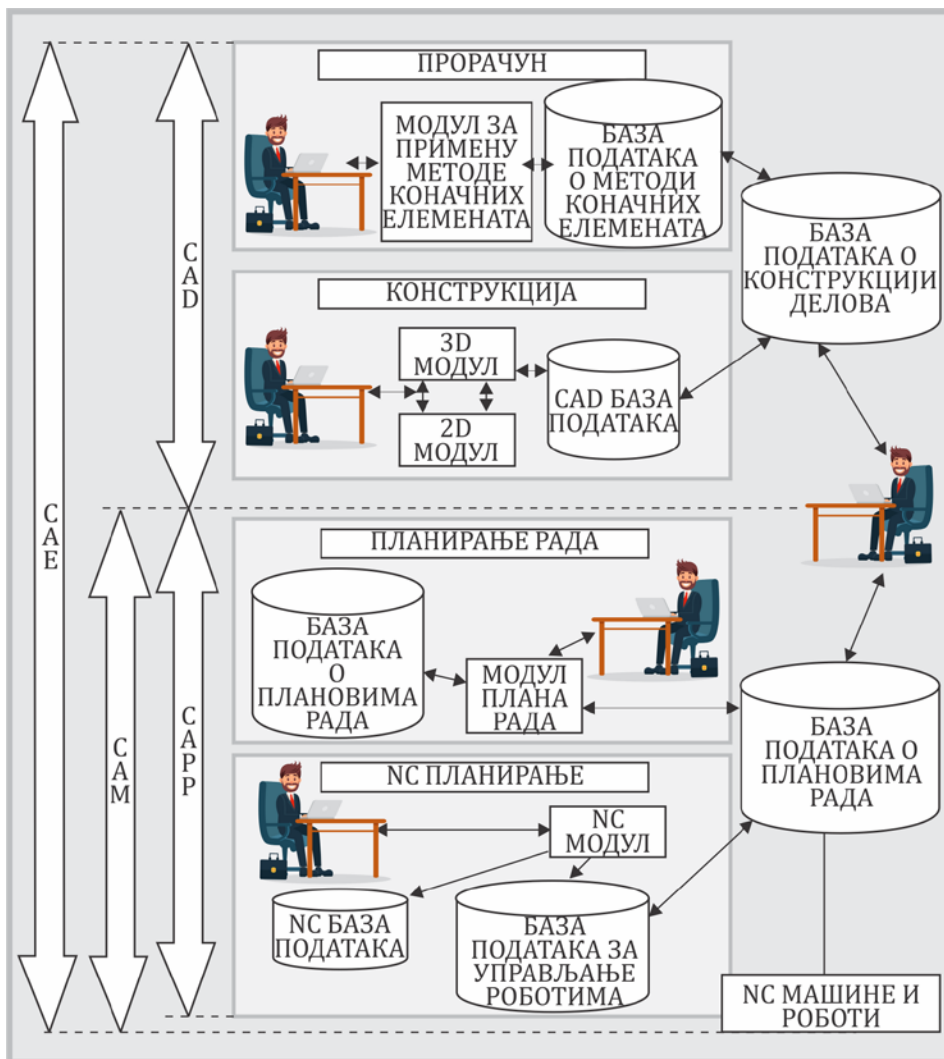
Излазне информације из активности предвиђања су често дате у оквиру одговарајућих извештаја (нпр. карте производа која је приказана на слици 7.5).

7.5 Управљање развојем производа и технологија

Узимајући у обзир промене тржишта и захтеве купаца, предузећа морају вршити анализу података из интерних и екстерних извора приликом развоја нових производа (услуга) (*Rinholm & Boag, 1987*). Сам термин развој производа је генерално широк и може да подразумева нове елементе погодности које производ нуди, односно рад на побољшању три основна својства производа (*Радојевић, 2011.*): 1) квалитет, 2) одлика и 3) дизајн. У том смислу, развој може да се односи на различите елементе производа узимајући у обзир смањење цене коштања производа.

Основни улаз у подсистеме развоја производа и технологија су пројектни задатак и план реализације пројекта, који се добијају из производа маркетинга (истраживања тржишта) преко подсистема управљања производима. Други скуп података се добија преко процеса набавке и контроле квалитета.

Уколико се анализира Производни систем у ужем смислу, може се рећи да развој производа у *CIM* окружењу има низ специфичности. Те специфичности полазе од интеграције *CAD* и *CAPP* система у *CAE* систем, где се као резултат интеграције појављује одговарајућа база података о конструкцији делова и плановима рада. Може се видети да су ове базе улаз у *PPC* систем (слика 7.6) док је излаз из ове интеграције *CAE/PPC/CIM* систем.



Слика 7.6 Интегрисање подсистема развоја

У тренутним условима пословања, на интеграцију активности, али и на истраживања у великој мери утичу иновације у области иновација и интернета (пре свега *Internet of things – IoT*). Ово пре свега долази због друштвених промена, постојећих и нових интернет технологија и апликација, као и раста обима електронског пословања. За анализу у овој области најпре је потребно идентификовати технологије и њихове захтеве и идентификовати посебне захтеве (нпр. енергетска ефикасност, менаџмент енергијом). Након тога, потребно је извршити конфигурисање и усаглашавање већег броја уређаја и

система са њиховим оперативним системима и софтверима. За пренос и анализу података потребно је предвидети мобилне и мрежне системе и системе за обраду података, и нове генерације *IoT* уређаја.

Након доношења одлуке о реализацији новог производа коришћењем постојеће или помоћу нове технологије, приступа се активностима процеса развоја новог производа. Може се рећи да је овај процес окренут кориснику и да се стога одвија стално у току године па у већини случајева нису потребни посебни услови за његово покретање. У пракси, често се процес развоја новог производа декомпонује на следеће фазе:

1. Концепт,
2. Развој,
3. Имплементација,
4. Контрола и праћење процеса.

Сваку фазу је, у складу са теоријом и праксом управљања развојем производа могуће даље декомпоновати на активности. Ове активности су међусобно повезане. Такође, оне су повезане и са активностима других процеса и са екстерним ентитетима.

Процес развоја производа започиње генерисањем идеје и разрадом концепта производа, а завршава активностима валидације процеса. У процедури којом се комплетно дефинише процес развоја производа (услуга), описане су активности које по свом генеричком смислу припадају активностима управљања процесом развоја производа:

- (1) активности реализације процеса развоја производа,
- (2) активности менаџмента процесом,
- (3) активности мерења, анализе и побољшања процеса и делом, у фази планирања потребних ресурса, и активностима –
- (4) обезбеђења ресурса за развој и извршење активности процеса развоја производа (услуга).

Активности менаџмента процесом и обезбеђење ресурса, као и активности мерења, анализе и побољшања одвијају се на нивоу

процеса. Са аспекта захтева *ISO* стандарда (посебно *ISO 9001:2015*) посебно су значајне релације са процесом маркетинга и процесом „Управљања портфолиом производа“. Захтеви *ISO* стандарда који се односе на пројектовање и развој производа, остварују се процедурама које се односе на ова два процеса.

7.5.1 Фаза 1 - Концепт

Идеја, захтев или предлог за увођење новог или предлог за унапређење постојећег производа/услуге може бити генерисана у оквирну неког пословног процеса унутар предузећа, али исто тако предлог о новом производу може доћи и од ентитета ван предузећа (нпр. купци, добављачи, партнери и други стејкхолдери). За разраду концепта производа на основу датог инпута, неопходне су вишеструке међусобне интеракције између процеса управљања развојем производа и извора (генератора) идеје, као и других организационих целина (ентитета). Уколико идеја о концепту производа долази из окружења предузећа, комуникација са окружењем и превођење захтева у спецификацију производа, обавља се преко подсистема маркетинга. Након дефинисања концепта новог/унапређеног производа, генерише се захтев за проверу изводљивости концепта производа. Провера изводљивости концепта некада може да захтева тестирање концепта, за које могу да се користе само постојећи ресурси предузећа или се могу ангажовати добављачи или партнери. Резултат ове активности се формализује кроз извештај о изводљивости концепта производа/канала комуникације. Извештај треба да прецизно дефинише и образложи да ли је разматрани концепт изводљив или не. На основу овог извештаја доноси се одлука да ли се процес развоја наставља или завршава.

Прелиминарна анализа оправданости увођења новог или унапређења постојећег производа/услуге узима у обзир следеће факторе: (1) позиционирање производа на тржишту (у односу на постојећу понуду предузећа и понуду конкуренције), (2) циљни сегмент корисника, (3) процена користи (прихода и других користи) и трошкова, (4) пословни модел пружања производа (самостално, партнери, дефинисање улога у моделу), итд. Анализа поменутих

фактора се одвија у интеракцији подсистема развоја нових производа, маркетинга, подсистема планирања и контроле производње а по потреби се може укључити и виши менаџмент у предузећу.

Резултат активности представља извештај о анализи оправданости (исплативости) развоја и увођења новог/унапређеног производа. На основу овог извештаја доноси се одлука о покретању/непокретању развоја новог или унапређењу постојећег производа. Одлука о покретању развоја и увођења новог/унапређеног производа/услуге, доноси се у интеракцији са свим учесницима који су укључени у Фазу 1. После реализације ове фазе приступа се преиспитивању од стране менаџмента, који као и у осталим фазама, узима у обзир планове и реализацију стратегије предузећа.

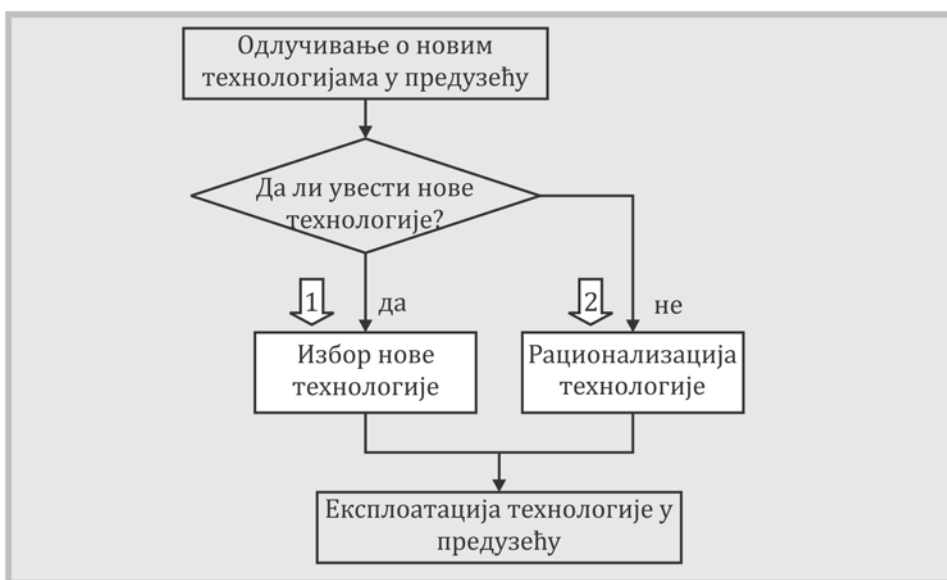
7.5.2 Фаза 2 – Развој

Улаз у активност представља неформална/формална одлука о покретању развоја новог или унапређењу постојећег производа/услуге. За развој и имплементацију новог или унапређеног производа/услуге потребно је дефинисати следеће карактеристике новог или унапређеног постојећег производа (параметре), груписане по заједничким својствима:

- Спецификација производа – саставница производа која дефинише шта све чини производ,
- Услови продаје производа/пружања услуге,
- Дефинисање канала комуникације са купцима,
- Дефинисање цене производа,
- Дефинисање пословног модела везаног за нови производ/услугу.

Током дефинисања наведених елемената новог производа/услуге, врши се и ревизија спецификације производа/услуге што подразумева прилагођавање спецификације производа/услуге на основу евентуалних измена проузрокованих техничким решењем, као и на основу у међувремену извршених додатних анализа.

Тестирање техничке изводљивости има за циљ утврђивање листе добављача опреме (софтвера и хардвера), преко које ће се реализовати технички нов производ/услуга, утврђивање техничких детаља реализације, утврђивање неопходних интеграција са постојећим системима и сл. Израда техничких захтева и набавка опреме су завршне активности чијом се реализацијом омогућава имплементација новог производа/услуге. У случају да менаџмент није сигуран да ли се нов производ може реализовати коришћењем постојећих производних технологија, предлаже се анализа и одлучивање о новим технологијама у предузећу (Леви Јакшић, 2008.) (слика 7.7).



Слика 7.7 Доношење одлуке о новој технологији (Леви Јакшић, М., 2008)

На основу слике 7.7, долази се до закључка да предузеће може да одабере:

- рационализацију постојеће технологије, и/или
- увођење нове технологије.

Увођење нових технологија у пракси значи да је потребно спровести значајне промене организационе структуре и модел управљања у предузећу.

7.5.3 Фаза 3 – Имплементација

Коначна усаглашена спецификација производа/услуге је основни улазни елемент у ову фазу која подразумева управљање и координацију имплементације новог производа/услуге у процес производње. У овој активности врши се тестирање новог производа/услуге ради провере испуњености техничких захтева за набавку опреме и материјала за производњу.

У овој активности врши се израда, усаглашавање и верификација процедуре продаје производа као и процедура за управљање приговорима корисника, пријема и отклањања сметњи као и процедуру одржавања опреме код екстерних корисника.

Увођење новог производа у процес производње мора бити праћено упутством за запослене, као и анализом и спровођењем додатних обука за запослене. Такође, потребно је дефинисати и упутство за кориснике.

Током завршних активности ове фазе, врши се тестирање новог производа/услуге ради евентуалних финалних корекција након чега се производ или услуга прихвата и имплементира у производњу што је праћено потписивањем правних докумената и одлука.

После реализације ове фазе приступа се преиспитивању од стране менаџмента и верификацији коју спроводи лице одговорно за процес на основу поређења улазних захтева за ову фазу и њиховог остварења, посебно у погледу:

- Брзине реализације,
- „Дубине“ разраде концепта,
- Утрошка ресурса,
- Степена задовољења улазних захтева за нове или побољшане производе.

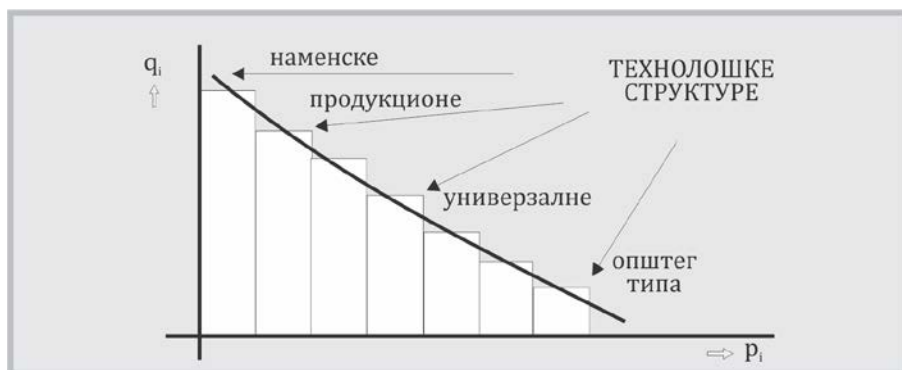
У случају да је преиспитивање оцењено као позитивно, наставља се реализација уз контролу и праћење. У супротном, потребно је предузети корективне мере како би се успешно реализовала ова фаза.

7.5.4 Фаза 4 – Контрола и праћење

У складу са Деминговим циклусом и захтевима серије стандарда *ISO 9000*, у овој фази реализују се подактивности мерења, анализе и побољшања. Ове активности укључују одређивање циљева квалитета за процес управљања развојем нових производа и квантификацију истих. Након тога је могуће вршити анализе процеса и побољшања. Током ове фазе врши се управљање интерфејсима са осталим потпроцесима у предузећу. У складу са захтевима стандарда *ISO 9000* врши се и преиспитивање сваке фазе, верификација сваке фазе, и валидација последње фазе.

7.6 Излазне информације из процеса развоја производа

Излазне информације из процеса развоја производа чине цртеж производа, саставница производа (структура производа), технолошка саставница, радионички цртеж дела, преглед употребе дела и програм производње. Притом је важно нагласити да програм производње узима у обзир основне величине, зависност структуре програма производње - количина производа (слика 7.8), и анализу програма производње. Излазне информације из процеса развоја производа чине и процес рада и капацитет система.

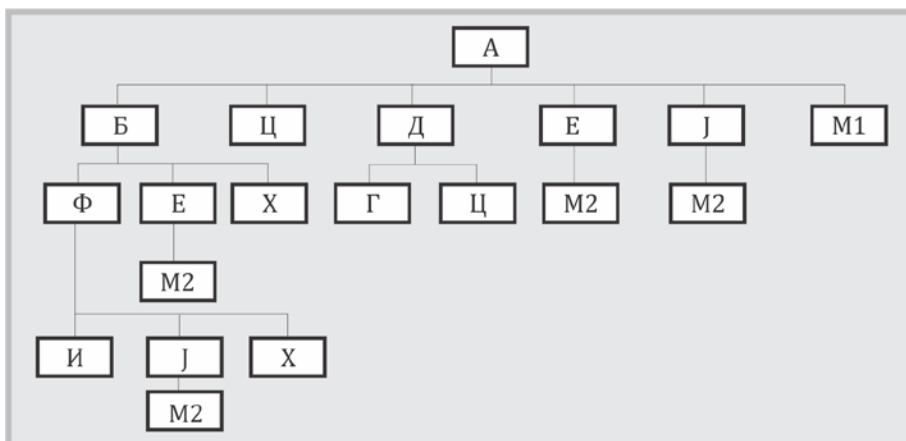


Слика 7.8 Карактеристична зависност структуре програма производње (p_i) и количине производа (q_i)

Анализа програма производње подразумева дефинисање структуре програма производње и структуру делова у програму по облику, димензијама квалитету и материјалу. Такође, анализа програма производње подразумева и вредносну анализу програма производње.

У општем случају, подразумева се да производ има структуру која се може описати тако да садржи (слика 7.9):

- склопове,
- подсклопове,
- делове,
- и на најнижем нивоу материјал М2, од кога се израђује.



Слика 7.9 Структура производа "А"

Формирање података о структури производа потребно је извршити за сваки производ.

Излазне информације из процеса развоја производа подразумевају и производно технолошку документацију. Производно технолошка документација у ужем смислу обухвата податке о самом производу и податке о структури производа.

Подаци о производу обухватају већи број података где је потребно дефинисати да ли производ потиче из сопствене производње или се исти набавља од подизвођача или партнера.

За потребе генерисања различитих извештаја за менаџмент, увид у листу производа се може реализовати према статусу производа што обухвата статус прототипа, статус производа у освајању, статус производа у процесу хомологације - квалификације, статус производа у нултој серији и статус производа у редовној производњи.

Такође, за сличне потребе увид у листу производа може се реализовати и према идентификационом броју, према димензијама, према задовољењу одговарајућег стандарда, и сл.

Питања за обнављање градива

1. Објаснити основне поставке развоја производа и технологија.
2. Објаснити појам конкурентног инжењерства.
3. Скицирати и објаснити карактеристичне фазе у току животног века производа.
4. Објаснити како се може повећати укупни приход и животно циклус производа развојем већег броја модификованих производа.
5. Шта представља технологичност производа?
6. Објаснити квантитативне и квалитативне показатеље технологичности.
7. Објаснити карактеристике односа производ - тржиште.
8. Објаснити фазе развоја производа.
9. Које излазне информације из процеса развоја производа постоје?

Литература

1. ARSOVSKI, Slavko, *Nauka o kvalitetu*, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Kragujevac, 2016, ISBN: 978-86-6335-021-2.
2. PARRAGUEZ, Pedro, et al. Quantifying technological change as a combinatorial process. *Technological Forecasting and Social Change*, 2020, 151: 119803, DOI: 10.1016/j.techfore.2019.119803.
3. PEROVIĆ, Milan, ARSOVSKI, Slavko, ARSOVSKI, Zora, *Proizvodni sistemi*. Mašinski fakultet u Kragujevcu, Kragujevac, 1996.
4. SCHMIDT, Tobias S.; HUENTELER, Joern. Anticipating industry localization effects of clean technology deployment policies in developing countries. *Global Environmental Change*, 2016, 38: 8-20, DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2016.02.005.
5. STEVENSON, William J. *Operations management*. 13th ed. McGraw-Hill Education, 2017, ISBN-13: 978-1259667473, ISBN-10: 1259667472.
6. ZHAO, Ming; DONG, Ciwei; CHENG, T. C. E. Quality disclosure strategies for small business enterprises in a competitive marketplace. *European Journal of Operational Research*, 2018, 270.1: 218-229, DOI: 10.1016/j.ejor.2018.03.030.
7. АМИРОВ, Юрий Донович, *Технологичность конструкции изделия*, Москва, 1990, ИСБН 5-217-01121-1.
8. ЛЕВИ-ЈАКШИЋ, Маја. *Менаџмент технологије и развоја*. Чигоја штампа. Београд, 2008.
9. СМИЉАНИЋ, Слободан, *Организација индустријских предузећа*, ЕСКОД ДД, Крагујевац, 1992.
10. ТОДИЋ, Велимир, ПЕНЕЗИЋ, Ненад, ЛУКИЋ, Дејан, МИЛОШЕВИЋ, Мијодраг, *Технолошка логистика и предузетништво*, Факултет техничких наука, Нови Сад, 2011, ИСБН 978-86-7892-368-5.

Поглавље 8.

УПРАВЉАЊЕ СНАБДЕВАЊЕМ У ПРОИЗВОДНИМ СИСТЕМИМА

Циљеви	Структура поглавља
После читања овог поглавља бићете оспособљени да:	
1. Објасните појам управљања снабдевањем у производним системима	8.1 Подсистем логистике у производним системима
2. Објасните зашто су производни системи важни у пракси	8.2 Подсистем набавке
3. Објасните функционисање организационих система	8.3 Подсистем снабдевања у ужем смислу
4. Оцените улогу стратегије у производним системима	8.4 Управљање залихама

8.1 Подсистем логистике у производним системима

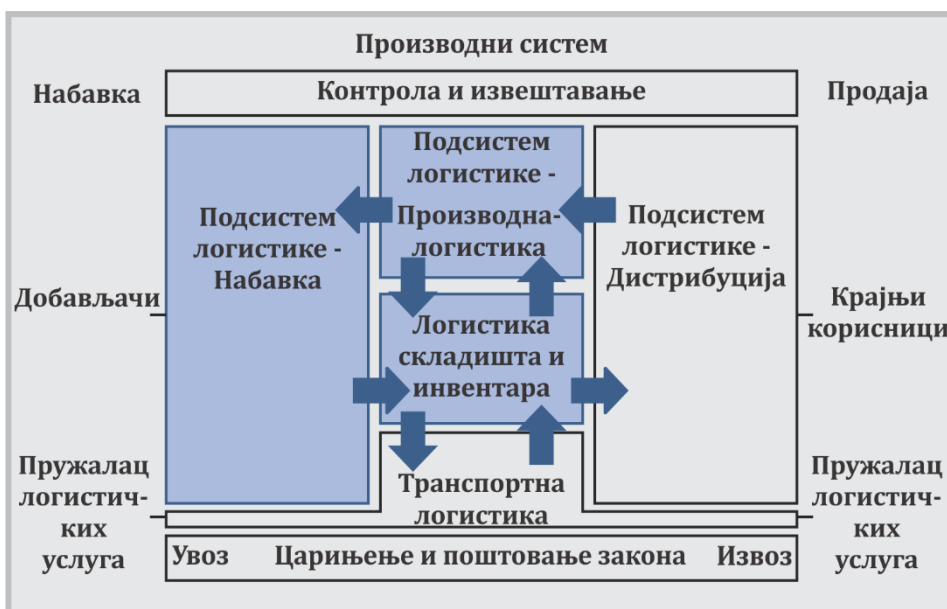
Постоји све већи број дефиниција и могућих класификација које се континуално мењају и односе се на појам логистика. Једна од дефиниција која је функционално оријентисана представљена је од стране америчког логистичког друштва „Савет професионалаца за управљање ланцима снабдевања“ и она гласи: *Логистика је део управљања ланцем снабдевања у оквиру којег се реализују планирање, имплементација и контрола ефективног и ефикасног протока и складиштења робе, услуга и пратећих информација, између места настанка и места употребе у циљу задовољења корисничких захтева* (Karrauf & Lauterbach, 2011).

На основу наведене дефиниције може се рећи да појам опште логистике обухвата планирање, контролу и егзекуцију протока робе и информација - између компаније и њених добављача, унутар компаније, и између компаније и њених крајњих корисника. Додатно, може се рећи да се простор који логистика заузима у производним системима константно шири, пре свега кроз планирање и контролу производње или контролу квалитета. Поред тога, значајна финансијска средства се улажу у информациону технологију у областима као што је планирање и управљање ланцима снабдевања (Christopher, 2017). У блиској будућности, то би требало да доведе до смањења административних трошкова логистике (нпр. праћењем пошиљки, организацијом превоза или наручивањем путем Интернета).

Подсистем логистике може се разложити на четири битна подсистема (слика 8.1): подсистем набавке, подсистем снабдевања у ужем смислу (обухвата производну и логистику складишта и инвентара), транспортну логистику и подсистем дистрибуције ка крајњем кориснику.

Задатак подсистема набавке је да обезбеди предмете, сировине и залихе потребне за оперативне процесе производње и дистрибуције. Набавка се врши у складу са одређеним стањем залиха и на основу планирања управљања материјалом као дела производне логистике.

Резултат таквог планирања може бити захтев за набавку. Захтев за набавку се претвара у наруџбеницу и преноси се ка утврђеном добављачу. Закључивање трансакције набавке може укључивати примање и плаћање рачуна добављача, уз примање робе у складиште. Организациона јединица за пријем робе (у оквиру подсистема снабдевања у ужем смислу) не само да евидентира залихе, већ их и вреднује за рачуноводствену организациону јединицу. У оквиру подсистема логистике складишта извршавају се задаци који се односе на обезбеђивања материјала радним процесима. Чим материјал напусти складиште, врши се ажурирање вредности залиха и инвентара.



Слика 8.1 Подсистем логистике (Karrauf & Lauterbach, 2011)

Дистрибуција представља део процеса продаје који углавном започиње наручивањем материјал од стране крајњег корисника, уз навођење жељеног датума испоруке. Користећи ове информације, генерише се налог за продају. У зависности од датума испоруке, покрећу се активности испоруке тако да материјали благовремено стигну до корисника (Nyhuis & Wiendahl, 2008). Производно предузеће може користити услуге транспортне логистике од стране другог правног лица. Теоретски, транспортна логистика представља подсистем чије се активности могу реализовати на три различита

начина, то јест: самостално - употребом сопствених средстава, преко добављача или пружаоца логистичких услуга. Додатно, подсистем транспортне логистике се прожима кроз подсистеме набавке и дистрибуције, од добављача, па све до крајњих корисника (слика 8.1).

У наставку, детаљније су анализирани подсистеми набавке, производне логистике и логистике складишта и инвентара, јер њихово ефективно функционисање омогућава несметан рад производним системима. При томе, подсистем набавке подразумева активности које се односе на дефинисање политике и плана, избор добављача и дефинисање цена, док се подсистем производне логистике односи на поступке програмирања и манипулације снабдевања процеса производње неопходним ресурсима. Процеси набавке и производне логистике обухватају све активности везане за снабдевање предузећа и његових производних процеса свим потребним ресурсима по оптималним ценама (*Chopra, 2004*).

8.2 Подсистем набавке

Основни циљ процеса набавке јесте да обезбеди све неопходне ресурсе за реализацију роба и услуга. Циљ се може остварити интеграцијом активности набавке и снабдевања у ужем смислу (производна логистика и логистика складишта), при чему је набавка оријентисана на реализацију активности усмерених ка окружењу, док је снабдевање у ужем смислу оријентисано на извршне активности набавке које се одвијају у производним системима. У „малим“ предузећима ове активности су обједињене у оквиру функције набавке.

Набавка обухвата пословне активности, од набавке материјала и полупроизвода до транспорта материјала и полупроизвода до локације за складиштење или производног места. Набавка повезује дистрибутивну логистику спољног добављача са производном логистиком посматраног производног система. Примарни задатак у оквиру набавке јесте стављање на располагање свих роба и услуга, одговарајућег типа, квалитета и квантитета, неопходних за правилно одвијање процеса производње. Главни процеси у подсистему набавке се могу разложити на:

- управљање изворима и категоријама набавке, што обухвата развијање плана набавке и разјашњавање захтева везаних за набавку, успостављање планова за управљање у кризним ситуацијама, усклађивање потреба са могућностима добављача, анализирање профила потрошње организације, унапређење ефикасности и вредности набавке, сарадња са добављачима како би се идентификовале могућности набавке;
- развијање стратегије (*Chopra, 2013*) снабдевања и управљања категоријама набавке,
- одабир добављача и развој/одржавање уговора, што подразумева избор добављача, сертификацију и валидацију добављача, преговарање и склапање уговора, управљање уговорима;
- наручивање материјала и услуга, што обухвата обраду/преглед захтева, одобравање захтева, тражење/праћење понуде од добављача, дефинисање/дистрибуцију налога за куповину, праћење наруџбине и задовољавање упита, усклађивање налога за куповину, истраживање/решавање изузетака из налога;
- управљање добављачима, што подразумева праћење/управљање подацима добављача, припремање/анализирање набавке и перформанси добављача, подржавање процеса производње и производње и праћење квалитета испоручених производа.

Набавка, дакле, представља први корак у оптимизованом процесно оријентисаном производном систему, који се користи да производном процесу обезбеди неопходан репроматеријал и друге ресурсе у одређеним временским интервалима. Ресурси укључују компоненте и полупроизоде, али не и финалне производе.

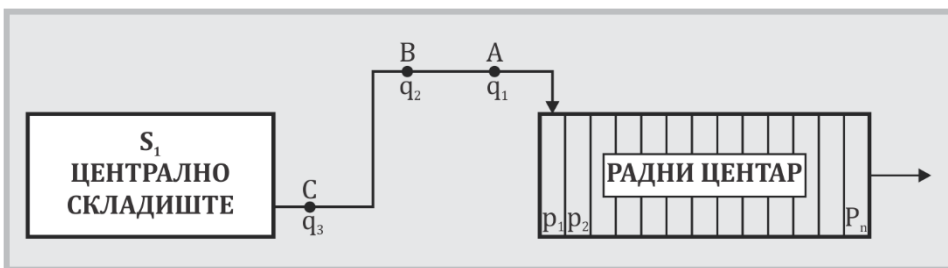
8.3 Подсистем производне логистике и логистике складишта (снабдевање у ужем смислу)

Често се под процесом снабдевања у ужем смислу подразумева руковање алатом и материјалом, тако да се може рећи да снабдевање у основи обухвата и активности интерног транспорта и складиштења. Основни циљ се може формулисати као тежња ка већој способности и поузданости кретања предмета рада са најнижим могућим логистичким трошковима, како би се обезбедило несметано одвијање процеса производње (Wang & Koh, 2010).

Процес снабдевања у ужем смислу надовезује се на процес набавке, и садржи два главна процеса (слика 8.1):

1. производну логистику, и
2. логистику инвентара и складишта.

Производна логистика део је снабдевања у ужем смислу, који обухвата планирање и контролу унутрашњих логистичких процеса у сфери производње. Важно правило производне логистике јесте да се не сме дозволити да ресурси буду недоступни, уз поштовање услова да на радним местима буде што мање предмета (материјала). Најповољнији случај у тренутку t_j подразумева само један комад над којим се изводе радне операције. За време обраде тог комада, у исти радни центар требао би да пристигне следећи комад, како би био спреман за обраду након завршетка обраде претходног комада. Приступ је приказан на слици 8.2.



Слика 8.2 Редослед пристизања делова до радног центра

Код концентрисаних процеса, време обрада радног комада у радном центру се може означити са t_j . Уколико је процес диференциран и одвија се на радним ћелијама са под операцијама, тада се за време обраде t_j узима време трајања једне подоперације.

За време t_j потребно је да наредни комад q_1 пређе пут од тачке A до тачке B , истовремено компонента q_2 треба да пређе пут од тачке B до тачке A , компонента q_3 треба да пређе пут од тачке C до тачке B и компонента q_4 треба да пређе пут од складишта до тачке C .

Наведено објашњење представља идеалан случај потпуне синхронизације тока материјала од складишта ка радном центру при чему исти одговара свим типовима производње, тј. појединачној, серијској или масовној производњи. У пракси, идеалан случај није могуће постићи, тако да је потребно посматрати оптимизационе аспекте производне логистике.

Оптимизациони аспекти производне логистике односе се на: циљана побољшања производних поруџбина са смањењем рокова испоруке, повећавање флексибилности опште производње са бољим прегледом алтернативних опција производње, смањивање времена испоруке у општој производњи правовременим обезбеђивањем производног материјала, смањењем интерних процедура логистике производње (транспорт између фаза производње) и благовременим уклањањем произведених производа, смањење залиха правилним планирањем потребних производних материјала на одговарајућим локацијама, вођено средњорочним планирањем потражње, оптимизацију транспортних рута унутар производних подручја и између фаза производње, смањење броја варијанти производних резултата и разноликости производних материјала, координирање величина производних шаржи са унутрашњом транспортном и складишном логистиком и осетљиво комбиновање унутрашње производње и спољне набавке (одговор на питање: да ли се предмет рада прави или купује?).

Главни процеси у подсистему снабдевања у ужем смислу се могу разложити (*APQC framework*):

1. У оквиру подсистема производне логистике на:

- управљање логистиком, што подразумева превођење корисничких захтева у логистичке захтеве, дизајнирање логистичке мреже, комуницирање потреба за издвајањем послова (енгл. *outsourcing*), развијање и одржавање политике испоручивања, оптимизацију распореда и трошкова транспорта, дефинисање кључних индикатора перформанси, дефинисање стратегије логистике пост-производње (енгл. *reverse logistics*);
 - планирање и управљање протоком улазног материјала, што подразумева планирање улазног материјала, управљање протоком улазног материјала, праћење перформанси долазне испоруке, управљање протоком враћених производа, контролу квалитета враћених делова, преправљање или поправљање враћених производа:
2. У оквиру логистике складишта и инвентара на:

- управљање складиштењем, што подразумева праћење распоређивања инвентара, примање, преглед и складиштење улазних пошиљки, праћење доступност производа, одабир, паковање и отпремање производ за испоруку, праћење тачности инвентара, праћење логистичких перформанси складиштења и испоруке других произвођача, управљање залихама готових производа, управљање складишним трансферима,
- управљање излазним транспортом, што подразумева планирање, транспортовање и испоручивање излазних производа праћење перформанси испоруке, управљање возним парком, и обрада и провера рачуна и документа превозника.

На основу изнетих чињеница, може се уочити да је централна функција интерне логистике да се производна места у производном систему снабдевају неопходним количинама и врстама материјала, у право време и уз што ниже трошкове. Поред тога, производи који произилазе из процеса производње морају се проследити или одложити у складу са наменом. Значајан део процеса интерне логистике обухватају и праћење, контрола и планирање залиха и кретања материјала на производним локацијама.

8.4 Управљање залихама

Посматрано из угла целокупног производног система, излази из једне етапе процеса производње, потребни су као улазни ресурси у другој етапи процеса производње у различитим временским тренуцима и периодима. Ради превазилажења временске и просторне неусклађености између производње, размене и потрошње, формирају се залихе. Залихе, дакле, представљају одређене количине материјала, информација или енергије које су у одређеном временском тренутку изопштене из процеса производње, са циљем да се у неком наредном тренутку, када се укаже потреба могу употребити.

Формиране залихе се морају заштити, чувати и у одговарајућем тренутку допремити и отпремити, што доводи до тога да је залихама неопходно управљати.

8.4.1 Модели управљања залихама

Сам процес производње се може представити узастопним низом залиха, који има следећи облик (Perović et al., 1996):

залиха -> производња -> залиха -> производња -> залиха

То је основни разлог за посебну анализу аспекта управљања залихама приликом разматрања управљања процесом производње.

Залихе се неизбежни пратила процеса производње у циљу снабдевања тог процеса у сваком тренутку.

У континуалном току материјала од улазних сировина до финалних производа и до крајњег корисника, на свакој локацији (бази) на којој је ниво улазних ресурси већи од нивоа излазних ресурса доћи ће до њиховог нагомилавања, тј. до појаве залиха.

Дефинисање модела залиха може бити извршено помоћу елемената нивоа залиха у нултом периоду S_0 , интензитета улаза у базу $f_1(t)$ и интензитета излаза из базе $f_2(t)$.

Ниво залиха у посматраном временском тренутку t може се исказати помоћу релације:

$$S(t) = S_0 + \int_0^t |f_1(t) - f_2(t)| dt$$

Стање залиха постоји уколико је испуњен услов:

$$f_1(t) > f_2(t)$$

или уколико је испуњен услов:

$$f_1(t) = f_2(t)$$

при чему је $S_0 > 0$.

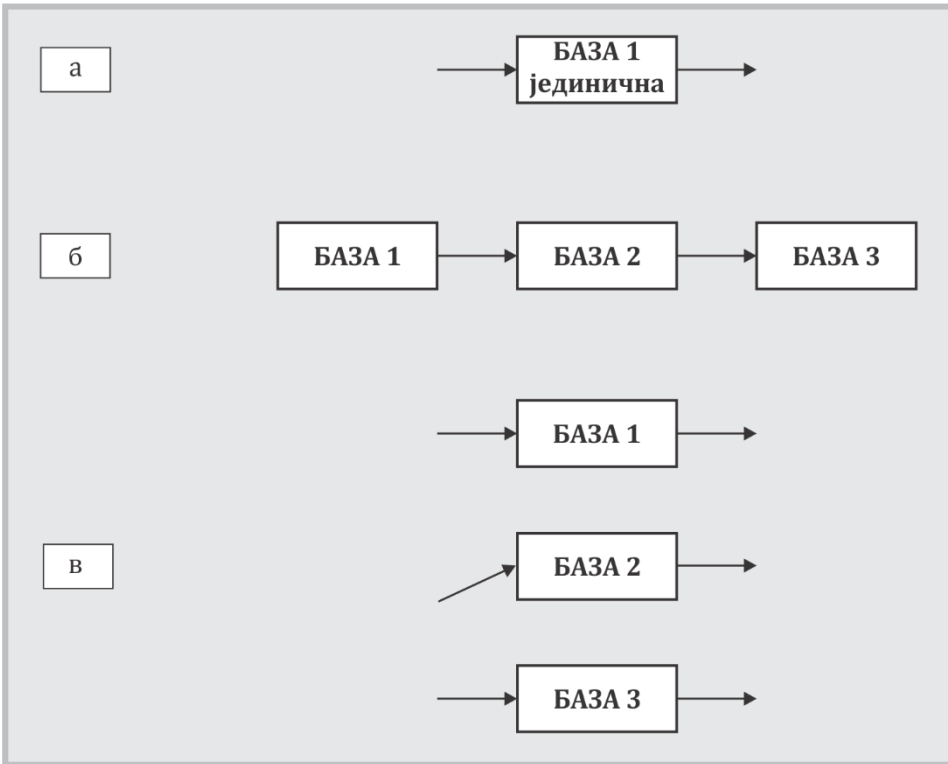
Залихе представљају неизбежну потребу, која изазива трошкове (Muller, M. 2019). Из угла процеса производње потребно је обезбедити што више залиха, док је из угла трошкова потребно да залихе буду што мање тако да је основни задатак управљања залихама да реши ове две супротности. Залихе пре свега представљају материјале који се налазе у складиштима и са становишта врсте производа и места у производном процесу се могу поделити на репроматеријале потребне за производњу, полупроизоде који улазе у састав финалног производа, финалне производе, који нису испоручени крајњим корисницима и налазе се у складиштима, алате неопходне за процес производње, резервне делове који се користе у процесу одржавања система, потрошни материјал за процес одржавања и отпадни материјал из складишта и након реализације процеса производње.

На основу тополошког критеријума, залихе се могу представити у облику мреже у чијим се врховима (чворовима) представљене базе залиха, док су у графу представљени канали улаза, тј. излаза. Тополошки посматрано, залихе могу бити са јединичном (слика 8.3а), узастопном (слика 8.3б), и паралелном базом (слика 8.3в). Најједноставнији систем залиха је са јединичном базом, тј. са једним улазним и једним излазним каналом (слика 8.3).

Уколико излаз из једне базе представља улаз за другу базу, онда је у питању узастопни ред база. Коначно, уколико једна етапа производног процеса има више база, тада су у питању залихе са паралелном базом.

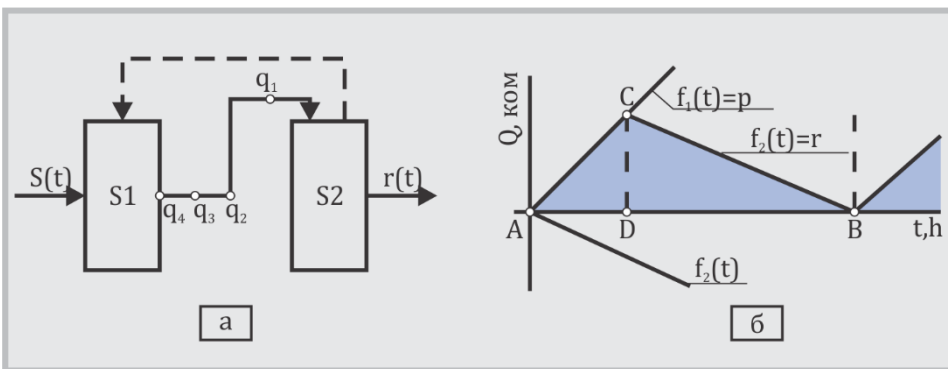
На основу критеријума одређености, залихе се могу поделити на:

- детерминистичке, када су вредности залиха предодређене и
- стохастичке, када вредности залиха нису предодређене.



Слика 8.3 Типови залиха према критеријуму топологије

У наставку, разматрани су динамички стохастички системи (слика 8.4), јер је на тај начин обухваћен најопштији и најшире заступљени облик система залиха.



Слика 8.4 Карактеристике система са узастопним базама

Модел система залиха приказан на слици 8.4б, може се дефинисати помоћу следећих математичких формулација.

Тражња $r(t)$, променљива зависна од времена t , даје импулс за управљање залихама на етапама S_1 и S_2 и управљање улазима за попуњавање залихама у обе фазе.

Количине материјала које се налазе у залихама и у процесу производње представљају укупан фонд потребан за задовољење тржишта.

Идеалан начин понашања производног система био би да се улази у залихе и излази из истих истовремено реализују, у том случају би база постала проточна и садржала би само оптималну количину ресурса.

До количина улазних ресурса на основу којих се извршава управљање залихама долази се постизањем оптималног нивоа залиха у бази и/или калкулацијом оптималне количине наруџбина.

Управљање залихама обухвата активности помоћу којих се обезбеђује ниво залиха неопходан за несметано одвијање процеса производње, уз минималне трошкове залиха. Опште активности управљања залихама могу се груписати у три групе, а то су:

- успостављање базе података о залихама,
- дефинисање потреба и
- контрола залиха и управљање залихама.

На модел и управљање залихама утиче велики број фактора, неки од њих су:

- комплексност производа,
- тип производње и
- врста материјала у залихама.

Уколико се посматра масовна производња производа, подразумева се да држање залиха материјала и делова који улазе у базу и излазе из ње треба да буде по строго утврђеном програму. У том случају, залихе у току производње нису посебно изражене, јер је синхронизација кретања материјала технолошки успостављена помоћу компактног обрадног система са транспортом.

Посматрајући малосеријску и појединачну производњу уочава се да је по захтеву тражња стохастичка и да се као таква преноси на залихе, тако да се и оне најчешће понашају стохастички.

Стање залиха у бази 1 у тренутку t_0 је $S_{t_0} = S_0$, а у тренутку t то стање је $S_{t1} = S_1$:

$$S_1 = S_0 + \int_0^t |f_1(t) - f_2(t)| dt$$

Стање залиха у бази 2 у истом тренутку је:

$$S_{2t} = S_{20} + \int_0^t |f_1(t) - f_2(t)| dt$$

Интензитет излаза из базе 1 $f_2(t)$ одвија се у серијама q_1, q_2, q_3 и q_4 , које истовремено представљају и улазе у базу 2.

Управљање залихама за задатак има да осигура одговарајући улаз q , такав да трошкови залиха буду сведени на минимум.

Трошкови залиха се јављају у облику трошкова који зависе и трошкова који не зависе од количине материјала. Први трошкови припадају групи пропорционалних трошкова (зависе од количине на залихама), док други трошкови припада константним трошковима. Пропорционални трошкови егзистирају у свим етапама производног процеса, на сваком месту појаве залиха. Ови трошкови се јављају као ангажована обртна средства за чување, осигурање и исплату камате.

Основни економски параметри модела за управљање залихама су трошкови залиха, који обухватају:

- трошкови поручивања поруџбине производа (енгл. *Annual ordering cost*),
- трошкове припреме машина/налога,
- трошкове држања залиха, и
- губитак услед недостајућих залиха.

Трошкови поручивања поруџбине производа (енгл. *Annual ordering cost*) неког производа се утврђују на основу броја поруџбина на годишњем нивоу (D) и трошкова поручивања по поруџбини (S) који су обрнуто пропорционални величини серије која се поручује израженој у јединицама производа (Q).

$$\text{Трошкови поручивања поруџбине производа} = \frac{D}{Q}S$$

Код делова који се производе у производном систему трошкови наручивања представљају збирне трошкове директног материјала, директног рада и додатних трошкова у предузећу.

Трошкови припреме машине/налога (СТ) се јављају у фази припреме налога набавке и доставе добављачу (за производе из окружења) или припреме машине приликом обраде серије (за производе чија се трансформација остварује у производном систему).

Трошкови припреме налога представљају обједињене трошкове који се стварају приликом утврђивања потреба, анализе добављача, писању налога за набавку, пријему и контроли материјала на улазу у предузеће, праћењу налога и трошкова документације. *Трошкови припреме машина* се односе на обједињене трошкове неопходних промена које треба извршити приликом измене постојећег производног процеса за производњу на основу отвореног налога. Подразумевају трошкове припреме налога за производњу, терминирање, непосредну припрему машине, опреме и контроле квалитета.

Ови трошкови су потпуно аналогни трошковима поручивања поруџбине производа и описују се истим математичким изразом.

$$\text{Трошкови припреме} \frac{\text{машина}}{\text{налога}} = \left(\frac{D}{Q}\right)S$$

Трошкови држања залиха (енгл. *Holding Costs*) означавају такозване „носеће“ трошкове у управљању залихама. Обухватају трошкове капитала, такси на држање залиха, осигурања, манипулације залихама, складишта (простора), растура (калирања), застаревања и кварења (оштећења) производа на залихи.

У случају да се у производном систему предузећа реализује само финални производ а залихе се поручују од добављача:

$$\text{Трошкови држања залиха} = \frac{Q}{2}H$$

Узети су обзир трошкови по јединици производа и години (H) помножени са просечним нивоом залиха на годишњем нивоу ($\frac{Q}{2}$).

У случају да се у производном систему предузећа реализује склоп који се уграђује у финални производ, онда трошкови држања залиха оваквог производа се рачунају као:

$$\text{Трошкови држања залиха} = \frac{I_{max}}{2} H$$

Узети су обзир трошкови по јединици производа и години (H) помножени са просечним нивоом залиха на годишњем нивоу ($\frac{I_{max}}{2}$).

У пракси се могу разматрати различите врсте трошкова које су објашњене у даљем тексту.

Трошкови капитала означавају трошкове који су последица ангажовања обртних средстава у залихе, то јест, губитак добити услед не инвестирања у друге пословне активности.

Трошкови такси настају као резултат политике великог броја развијених земља, преко који се стимулише или, учесталије, дестимулише складиштење залиха.

Трошкови осигурања подразумевају трошкове полисе осигурања залиха у производном систему, која зависи од квантитета производа на залихи.

Трошкови манипулације укључују трошкове рада на манипулацији делова у складишту и трошкове опреме за манипулацију.

Трошкови застаревања тумаче се као вредност финансијских средстава везаних за залихе делова, а који се због застаревања не могу продати.

Трошкови растура настају услед умањења квантитета производа на залихи, због растур или губитка на тежини делова.

Трошкови оштећења обједињују губитке вредности производа који настају услед дејства механичких, атмосферских, топлотних и других утицаја.

Трошкови складиштења су трошкови амортизације грађевинских објеката и инвентарског простора који се користи за смештај залиха, увећан за трошкове грејања и осигурања.

Вредност трошкова држања залиха чини укупно 15-40 % вредности залиха.

Трошкови губитка услед недостајућих залиха се јављају због поремећаја у предузећу или окружењу који резултирају кроз застоје у производњи.

У зависности од намене производње, могу се разликовати:

- производња на основу налога корисника, и
- производња за залихе (за непознатог корисника).

Код производње за непознатог корисника, производња се реализује на основу истраживања тржишта продаје, то јест на основу планова продаје. Тада се могу разликовати:

- континуална тражња финалних производа и
- дискретна тражња финалних производа.

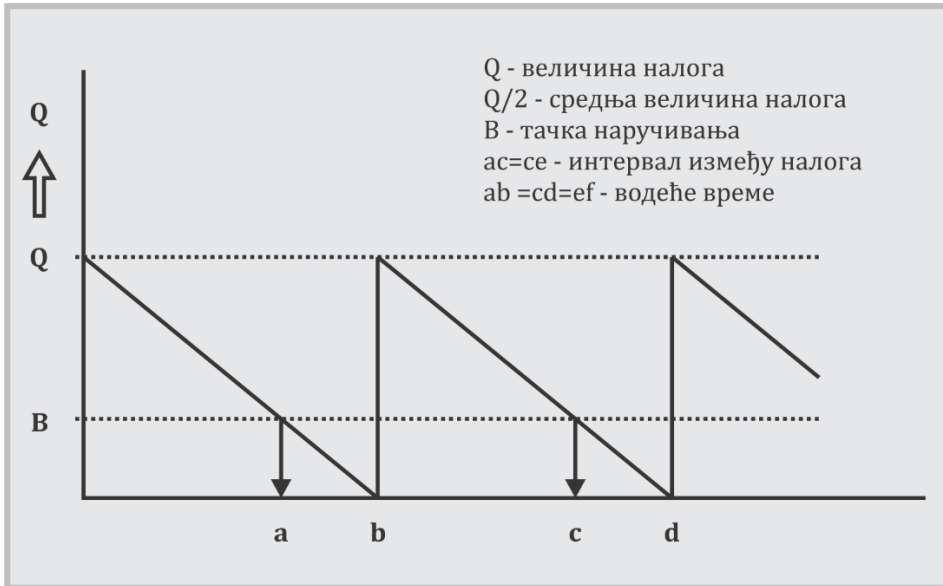
Када је у питању финални производ, код кога је позната тражња, тада потражња за елементима тог производа зависи од коефицијента уградње из количинске саставнице. Проблем може настати у пракси, уколико се систем за управљање независном тражњом користи у условима зависне тражње и обрнуто.

8.4.1.1 Економична количина поручивања

За модел где се користи економична количина поручивања (енгл. *Economic Order Quantity - EOQ*), потребно је да се дају одговори на два полазна питања из домена управљања залихама (слика 8.5), односно:

- колико је потребно материјала наручити и
- када треба извршити наручивање.

Уз услов да је тражња континуална. Тако да долази до тога да се ниво залиха континуирано смањује и када дође до критичних вредности количина, потребно је поновити поступак наручивања. Након одређеног временског интервала (водећег времена набавке) реализује се попуњавање залиха.



Слика 8.5 Класичан модел залиха

Трошкови на годишњем нивоу (TC) су:

$TC = \text{Трошкови поручивања поруџбине производа (енгл. Annual ordering cost)} + \text{Трошкови држања залиха (енгл. Holding Costs)}$

то јест:

$$TC = \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H$$

Економична количина поручивања одређује се применом следеће формуле:

$$Q_0 = \sqrt{\left(\frac{2DS}{H}\right)}$$

Уколико је L водеће време тада је:

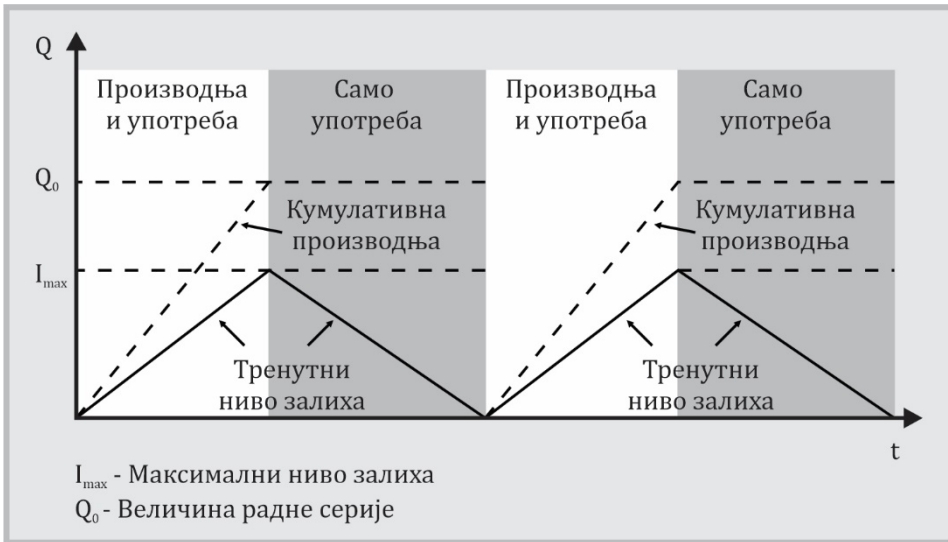
$$L = \frac{Q}{D}$$

Минимални укупни трошкови износе:

$$TC_{min} = \frac{D}{Q_0}S + \frac{Q_0}{2}H$$

8.4.1.2 Економична количина производње

Уколико је у питању случај континуалног улаза и излаза из базе важи модел залиха економичне количине производње (енгл. *Economic Production Quantity - EPQ*) (слика 8.6).



Слика 8.6 Систем континуалног улаза и излаза из базе (Stevenson, 2017)

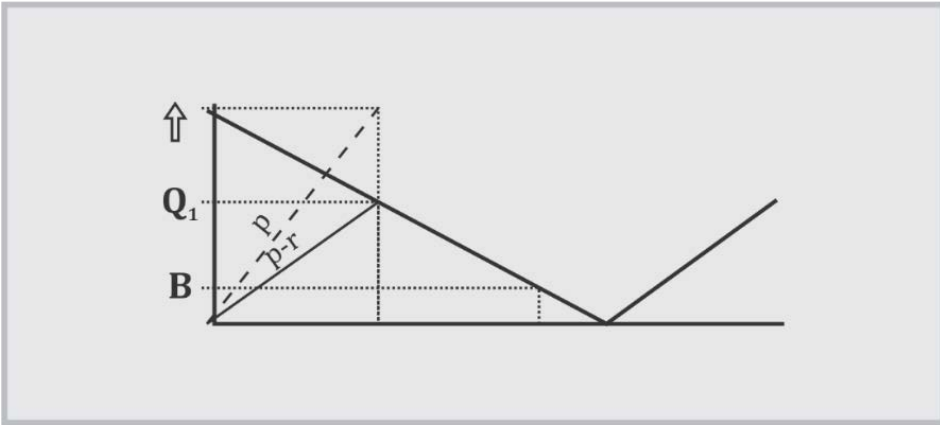
За време процеса производње једне серије у трајању t_p , залихе се акумулирају према разлици броја произведених елемената (p) и броја уграђених елемената (r) (слика 8.7). У том случају величина залихе се може исказати на следећи начин:

$$Q = t_p(p-r)$$

Средња величина залиха износи:

$$Q_{sr} = \frac{Q}{2} = \frac{t_p(p-r)}{2} = \frac{Q(p-r)}{2p}$$

Уколико је $p = r$, продуктивност је једнака тражњи. У том случају залихе не постоје, тако да се производња реализује у континуитету са тражњом, сходно томе трошкови залиха су једнаки нули.



Слика 8.7 Карактеристичне величине при одређивању оптималне величине залиха

Укупни годишњи трошкови залиха износе:

трошкови залиха = трошкови припреме машина/налога + трошкови држања залиха

односно:

$$TC = \left(\frac{D}{Q}\right)S + \left(\frac{I_{max}}{2}\right)H$$

Оптимална величина малосеријске производње:

$$Q_p = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \sqrt{\frac{p}{(p-r)}}$$

док су минимални трошкови залиха:

$$TC_{min} = \left(\frac{D}{Q_p}\right)S + \left(\frac{I_{max}}{2}\right)H$$

Време циклуса за економичну количину производње (време између сваког почетка производње) представља однос између економичне количине производње Q_p и броја уграђених елемента у финални производ r .

$$\text{Време циклуса} = \left(\frac{Q_p}{r}\right)$$

Време производне фазе циклуса представља однос између економичне количине производње Q_p и броја произведених елемената (p):

$$\text{Време производне фазе циклуса} = \left(\frac{Q_p}{p}\right)$$

8.4.1.2 Дискретна и зависна тражња

Уколико потражња за неким делом јесте дискретна и зависи од тражње надређеног склопа, употребљава се *MRP* – систем за планирање потребног материјала. Употреба систем полази од плана финалних производа и користи се за управљање нивоом залиха материјала и подсклопова, терминирање израде делова и монтажу подсклопова.

Приликом дискретне и зависне тражње производа потребно је у обзир узети варијације тражње, тако да се јавља проблем променљиве (динамичке) величине налога. Такав налог може се решити на више различитих начина, као на пример:

- наручивање серија - за сваки период се одређује величина налога),
- временски померена тачка наручивања (енгл. *Time Phased Order Point – TPOP*),
- количине појединачног налога,
- маргинална анализа и
- анализа трошкова.

Код првог случаја утврђује се величина налога (серије) уколико је тражња која варира позната. Величина периода наручивања се утврђује на основу наруџбине и трошкова држања залиха у периоду наручивања.

У случају *TPOP* користи се *MRP* логика за независну тражњу код случаја зависне тражње. Тада се одступања тражње прилагођавају временским померањем тачке наручивања.

Количине појединачног налога се употребљавају и одређују у случајевима планирања и управљања залихама производа који се набављају у једној серији. Модел се успешно примењује, поготово када је:

- тражња мале фреквенције и
- велика неизвесност тражње.

Оптимальна величина налога утврђује се усаглашавањем трошкова застаривања производа на залихи и изгубљене тражње, тј. када је понуда једнака тражњи, па су горњи трошкови еквивалентни.

Маргинална анализа се употребљава за проналажење решења за проблеме појединачних налога, при променљивој потражњи, узимајући у обзир маргиналне јединице (маргиналног профита увећаног за очекиване маргиналне губитке).

Математички модел управљања залихама је комплексан, ако се у обзир узме да сваког дана на више различитих позиција треба израчунати стање, оптимальне количине, стокове, ограничења и коначно извршити управљање информацијама, како би се донеле адекватне управљачке одлуке. Модел залиха је увелико дефинисан у првих неколико деценија прошлог века, али тек са применом рачунара, полако добија на значају и примени. Употреба рачунара довела је до практичне примене модела залиха у реалним ситуацијама.

Са развојем технологија за прикупљање, архивирање, трансформисање и дистрибуцију информација развијао се и информациони систем за управљање залихама. У овом случају разматра се дистрибуирани информациони систем.

Питања за обнављање градива

1. Основни процеси у подсистему логистике.
2. Дефинисати подсистем набавке.
3. Основни процеси у подсистему снабдевања.
4. Структура трошкова залиха.
5. Израчунавање потреба (тражње).
6. Описати дискретну и зависну тражњу.
7. Дефинисати ограничења управљања залихама.
8. Описати информациони систем за управљање залихама.

Литература

1. CHOPRA, Sunil, MEINDL, Peter, KALRA, Dharam Vir, *Supply chain management: strategy, planning, and operation*. Boston, MA: Pearson, 2013, ISBN 978-0-2737-6522-6.
2. CHOPRA, Sunil, SODHI, M. S. Supply-chain breakdown. *MIT Sloan management review*, 2004, Vol. 46, No.1, str. 53-61, ISSN 1532-9194.
3. CHRISTOPHER, Martin. *Logistics & supply chain management*. Prentice Hall, Harlow, UK, 2017, ISBN 978-0-273-73112-2.
4. FUGATE, Brian S., MENTZER, John T.; STANK, Theodore P. Logistics performance: efficiency, effectiveness, and differentiation. *Journal of business logistics*, 2010, Vol. 31, No. 1, str. 43-62, ISSN 0735-3766.
5. KAPPAUF, Jens, LAUTERBACH, Bernd, KOCH, Matthias, *Logistic core operations with SAP: Procurement, production and distribution logistics*. Springer Science & Business Media, 2011, ISBN 978-3-642-18203-7.
6. LAMBERT, Douglas M., STOCK, James R. *Strategic logistics management*. Homewood, IL: Irwin, Boston, MA, USA, 1993, ISBN 978-0-2561-3687-6.
7. MULLER, Max. *Essentials of inventory management*. HarperCollins Leadership, 2019, ISBN 978-1-400-21237-8.
8. NYHUIS, Peter, WIENDAHL, Hans-Peter, *Fundamentals of production logistics: theory, tools and applications*. Springer Science & Business Media, Berlin, Germany, 2008, ISBN 978-3-540-34210-6.
1. STEVENSON, William J. *Operations management*. 13th ed. McGraw-Hill Education, 2017, ISBN-13: 978-1259667473, ISBN-10: 1259667472.
2. WANG, Lihui; KOH, SC Lenny (ed.). *Enterprise networks and logistics for agile manufacturing*. Springer, London, UK, 2010, ISBN: 978-1-84996-243-8.
3. ПЕРОВИЋ, Милан, АРСОВСКИ, Славко, АРСОВСКИ, Зора, *Производни системи*. Машински факултет Крагујевац, Крагујевац, 1996, ИСБН 86-23-43035-2.

Поглавље 9.

ПЛАНИРАЊЕ ПРОИЗВОДЊЕ И КОНТРОЛА

Циљеви	Структура поглавља
После читања овог поглавља бићете оспособљени да:	
1. Објасните основне функције планирања у производном систему	9.1 Основне функције планирања у производном систему
2. Објасните одвијање процеса по фазама у оквиру подсистема за планирање производње и контроле	9.2 Анализа планирања производње и контроле
3. Објасните које активности је потребно спровести како би се добио главни план производње и детаљни планови	9.3 Припремна фаза и фаза планирања производње
4. Оцените како се врши контрола производње	9.4 Фаза контроле

9.1 Основне функције планирања у производном систему

Да би се остварили циљеви самог процеса производње, неопходно је спровести адекватно планирање на нивоу производног система (Dillard et al., 1989). Само управљање производњом обухвата низ процеса којима се испуњавају дефинисани циљеви. У пракси су то најчешће остваривање задатих термина испоруке, оптимизација искоришћења капацитета, смањење међуфазних залиха, скраћење времена трајања циклуса производње и сл.

Планирање производње се може представити помоћу одговарајућег модела, при чему је важно напоменути да модел планирања функционише на више равни – од нивоа ланца снабдевања до нивоа радног места у једном производном систему (слика 9.1).

РАВНИ ПЛАНИРАЊА	ДЕФИНИЦИЈА РАВНИ	СКИЦА	ПРИМЕР
ПОСЛОВНИ СИСТЕМИ	група производних система који су организовани ради остварења заједничког циља		координација планова продаје на нивоу ланца снабдевања
ПРОИЗВОДНИ СИСТЕМ	правна и организациона целина која обухвата већи број организационих целина		планирање производње за сваку организациону целину
ОРГАНИЗАЦИОНА ЦЕЛИНА	организационо-економска целина и по правилу просторно одвојена		планирање производње за сваку организациону јединицу
ОРГАНИЗАЦИОНА ЈЕДИНИЦА (нпр. монтажа)	једна од области функција организационе целине		планирање производње за сваки део организационе јединице
ДЕО ОРГАНИЗАЦИОНЕ ЈЕДИНИЦЕ (нпр. претходна монтажа)	група сродних радних места		планирање токова за свако радно место или групу радних места
РАДНО МЕСТО ИЛИ ГРУПА РАДНИХ МЕСТА	радno место или група сродних радних места		планирање измене радних места у току смене

Слика 9.1 Модел планирања са више равни (Perović et al., 1996)

Планирање производње и контрола (*production planning and control - PPC*) омогућава доступност свих потребних материјала и подсклопова, реализацију монтаже у право време, на правом месту, са одговарајућим количинама, како би се омогућио логичан след производних операција према унапред утврђеним распоредима, уз што ниже трошкове (Vollmann, 2005). Имајући у виду наведено, подсистем планирања и контроле производње представља део производног система и врши интеракције са другим подсистемима. У циљу извршења циља, овај подсистем врши интеракције са подсистемом набавке и интерне логистике, технолошким подсистемом и маркетингом, како би планови били у складу са захтевима крајњег купца. У пракси, функционисање овог система у савременим производним системима је интегрисано у део информационог система предузећа, а као комерцијални пример може се навести *SAP S/4HANA*. У овом поглављу је посебно објашњено како функционише планирање и контрола производње, док је у поглављу 4 објашњено функционисање *ERP/SAP* система.

Планирање производње је по природи динамично, при чему је важно истаћи да планови остају у флуидном стању јер се, сходно ситуацији, морају мењати. Основна питања на која треба дати одговоре у оквиру активности планирања производње и контроле су:

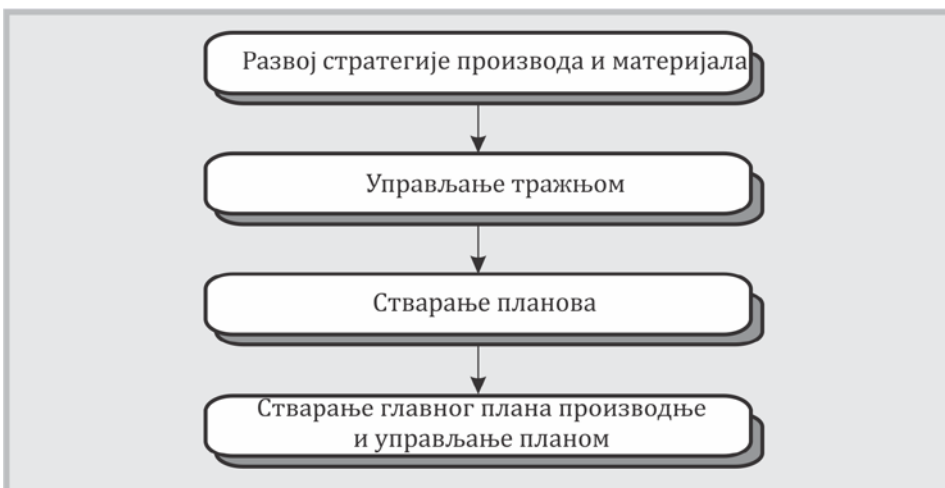
- Који ресурси (капацитети и материјали) су потребни за остварење производње према захтеву крајњег купца?
- Који токови (активности) су потребни за остварење производње према захтеву крајњег купца?
- На који начин се ресурси и токови користе за остварење производње према захтеву крајњег купца?

У односу на величину система и величину производних серија, тип и комплексност алата, технике и методе за планирање производње и контролу се разликују. Производни системи који имају велики обим производње стандардизованих производа најчешће имају потребу за једноставним техникама за контролу и праћење производње. С друге стране, производни системи који поседују широк производни портфолио, показују потребу за

пажљивијом/ригорознијом контролом која подразумева комплексне технике и методе. Циљеви планирања производње и контроле су најчешће (Kiran, 2019):

1. Смањење времена празног хода запослених и машина.
2. Смањење количине залиха.
3. Максимизирање процента преузетих обавеза према крајњем купцу.
4. Максимизирање квалитета производа и задовољства крајњег купца.
5. Одржавање ниског нивоа залиха.
6. Омогућавање дугорочних измена и краткорочних подешавања.
7. Смањење појаве уских грла дуж производног процеса.
8. Обезбеђење услова да се у оквиру водећег времена спроведе набавка улазних елемената у оптимизован производни процес.

Да би се остварили циљеви планирања производње, у производном систему се реализују одговарајући пословни процеси. На слици 9.2 су представљени основни процеси у подсистему планирања производње и контроле.



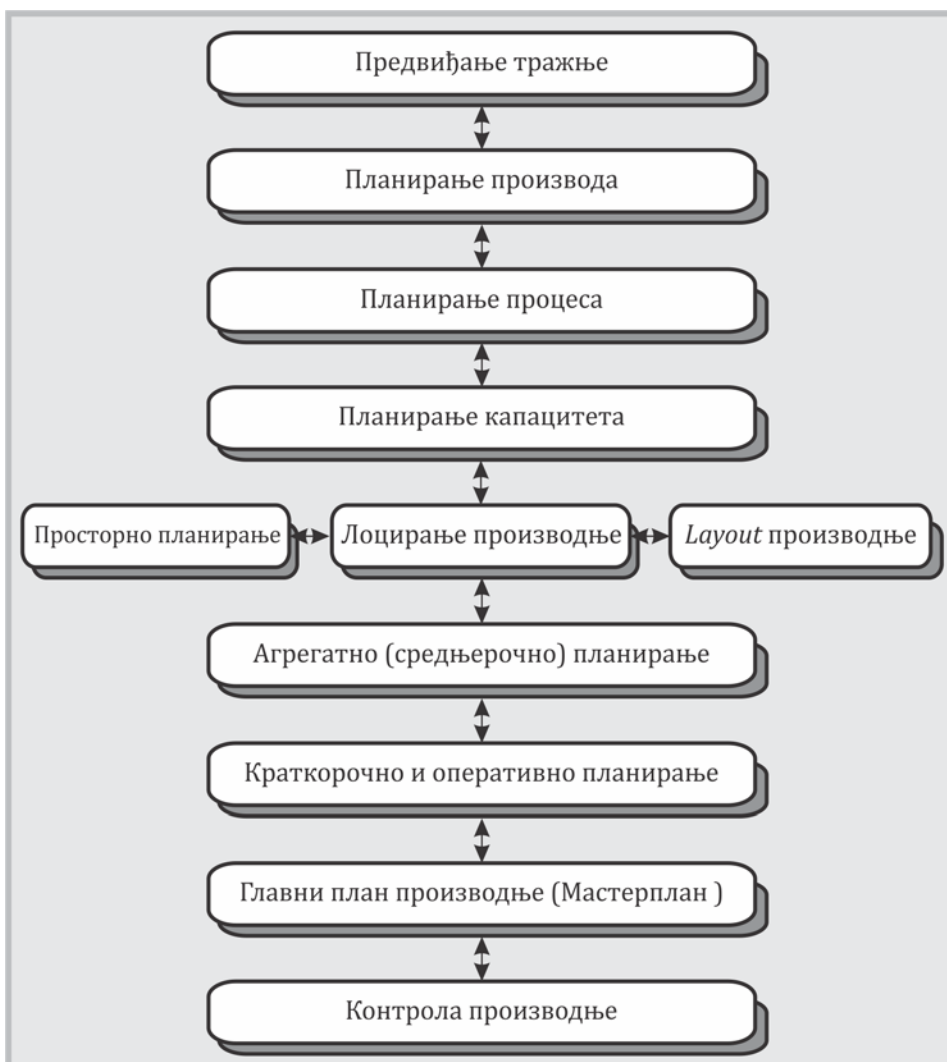
Слика 9.2 Основне процеси планирања производње и контроле у складу са захтевима оквира APQC

Уколико је предузеће интегрисано у ланац снабдевања, најчешће нема потребу да врши развој стратегије производа и материјала и да управља тражњом јер већ добија планове које треба да испуни. На нивоу производног система одвија се стварање главног плана производње и управљање тим планом. Планирање производње и контрола има вишеструку улогу у производном систему која може да се представи графички (слика 9.3), а узима у обзир (*Kiran, 2019*):

- Помоћ при прогнози будућег стања за сврхе планирања и заказивања активности,
- Помоћ при рачунању трошкова за потребе нових радних места,
- Примање поруџбина од подсистема маркетинга и продаје,
- Планирање радне снаге,
- Доношење одлука о производњи неких делова/подсклопова или о набавци истих,
- Планирање ресурса (капацитета и материјала),
- Планирање средстава за рад,
- Припрему процесних листа,
- Обезбеђење доступности материјала и опреме,
- Планирање производње,
- Издавање радних налога,
- Увођење измена у производну документацију,
- Праћење и контролу производње да би се остварили дефинисани циљеви,
- Праћење извештаја о напретку производње и извештавање,
- Измену распореда уколико постоји оправдан разлог и извештавање о насталим изменама,
- Одржавање и контрола регистара реализованих производа.

Поред наведених функција планирања производње и контроле, у зависности од величине и типа производног система, могуће је да постоје и неке друге функције јер постоје и други подсистеми и

интеракције између њих и планирања. Свакако, важно је имати на уму да су планови подложни променама јер постоје ризици и догађаји који се не могу предвидети, а њихова манифестација може имати велики утицај на предузећа и тржишта: локално (нпр. елементарна непогода) или глобално (економска криза, пандемија и сл.).

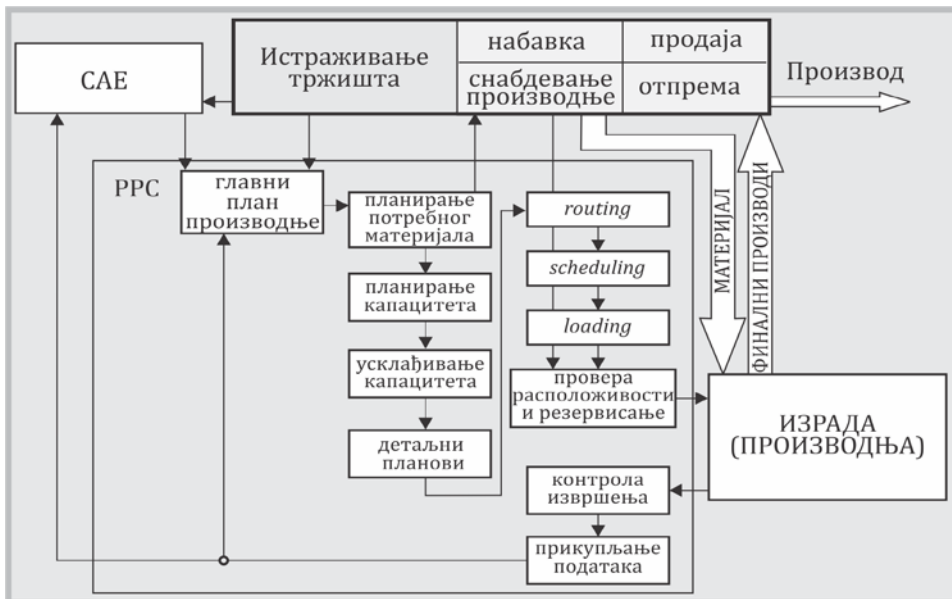


Слика 9.3 Основне функције планирања производње и контроле (Kiran, 2019)

Представљене активности се реализују у оквиру основних процеса који су приказани на слици 9.3. Према временском распореду, ове активности се групишу у одговарајуће фазе. Излаз из сваке фазе представља улазне информације за наредну фазу и директно утиче на понашање читавог производног система у тренутку реализације планова.

9.2 Анализа планирања производње и контроле

Подсистем планирања производње и контроле представља део подсистема планирања производног предузећа. Уколико се детаљније анализирају интеракције подсистема маркетинга и продаје, набавке и интерне логистике и самог подсистема планирања производње и контроле (слика 9.4), добија се схема функционисања активности у производном систему које се тичу испуњења циљева планирања производње и контроле.



Слика 9.4 Модел функционисања подсистема производње и контроле и интеракције са другим подсистемима предузећа (Perović et al., 1996)

Активности које су представљене на слици 9.4 реализују се у различитим временским интервалима (фазама) тако да свака има свој ток и редослед одвијања. На слици 9.5 представљене су активности планирања производње и контроле.



Слика 9.5 Одвијање процеса по фазама у оквиру подсистема за планирање производње и контроле

Наведене активности могуће је представити преко процесног приступа јер припадају групи процеса реализације производа у складу са захтевима стандарда ISO 9001 и оквира за класификацију пословних процеса (*Cross industry process classification framework*) коју предлаже Амерички центар за квалитет и продуктивност (*American Productivity & Quality Center*). У подсистему планирања производње, основне активности се могу груписати на:

- Дугорочно планирање – планирање капацитета – које зависи од капацитета производње, одрживости, ефективног капацитета, инвестиција и сл.
- Средњорочно (агрегатно планирање) – које је у складу са стратешким одлукама и покрива период до наредне две или три године и
- Краткорочно и оперативно планирање које подразумева планирање на нивоу процеса производње на тромесечном, недељном и дневном нивоу.

Активности које се спроводе током фазе контроле подразумевају одвијање процеса производње и планирање и имплементацију мера у врло кратком периоду.

9.3 Припремна фаза и фаза планирања производње

Активности које чине припремну фазу одвијају се у интеракцији подсистема за планирање и подсистема маркетинга и продаје и подсистема развоја производа и технологија (слика 9.5). Подсистем планирања добија информације о истраживању тржишта, предвиђању будућих токова и захтева крајњих купаца. У интеракцији са подсистемом развоја производа и технологија, добијају се детаљне информације о производу који ће бити реализован са свим спецификацијама. Наведене информације се користе за детаљну припрему (инжењеринг) производног процеса и *layout* производње (Kim and Kim, 2000).

Током ових фаза подразумева се релативно дуг временски период током кога је потребно стратешки осмислити активности одвијања производње. У складу са тим могуће је користити одговарајуће стратегије при чему се избор стратегије може заснивати на неком алату за помоћ при одлучивању као што је *Monte Carlo* симулација (Huang et al., 2008). Постоји стратегија која се односи на предвиђање повећања капацитета производног система у случају повећане тражње. На овај начин је могуће утицати на унапређење

квалитета самог производа и скраћење водећег времена производње. Такође, могуће је планирати додавање нових капацитета тек онда када производни система достиже максимум предвиђеног оптерећења а потражња расте. На тај начин се смањује ризик настанка залиха финалних производа. С друге стране, могуће је додавати или смањивати капацитете и усклађивати их са потражњом на тржишту.

9.3.1 Планирање капацитета

Може се рећи да капацитет једног радног центра се састоји од капацитета радне снаге и средстава за рад које је потребно ангажовати за планско извршавање задатака у квалитативном и квантитативном смислу. Квантитативни капацитет се одређује бројем и дужином трајања ангажовања радне снаге и средстава за рад. Квалитативни капацитет радне снаге је одређен њеном способношћу да управља средствима за рад.

Задаци планирања капацитета подразумевају:

- одређивање профила потребе и расположивости и њихово усаглашавање,
- планирање набавке и развоја капацитета и
- планирање коришћења капацитета.

Потребни и расположиви капацитет се разликују по врсти, месту, количини и времену ангажовања.

Задаци планирања радне снаге подразумевају одређивање потреба са аспекта квалитета, броја, времена и просторно-организационе одређености. На основу планираних потреба, врши се пријем, развој, ангажовање и отпуштање радне снаге. Планирање радне снаге треба да обухвати потребе због радних активности, али и резервне потребе које настају услед одсуства са посла, одмора и сл. Такође, планирање радне снаге треба да узме у обзир и нове потребе уколико долази до проширења капацитета, потребе за обукама и усавршавањем, као и потребе због замене, јер је реално да запослени одлазе у пензију или прелазе да раде у друга предузећа.

Задачи планирања простора треба да подразумевају дефинисање просторног распореда средстава за рад и помоћног простора. То подразумева планирање новог простора и планирање које подразумева рационализацију простора или проширење капацитета.

Задачи планирања средстава за рад подразумевају првенствено одређивање потреба средстава за рад и набавку недостајућих средстава за рад. Поред тога, планирање средстава за рад треба да узме у обзир и могући развој средстава за рад или ревитализацију постојећих средстава за рад, као и одржавање истих. Средства за рад се ангажују према плану и програму производње.

Капацитет средстава за рад изражава се расположивим временом за извршење планираних задатака, док се оптерећење капацитета изражава временом које је потребно за извршење планираних задатака. Капацитет средстава за рад и његово оптерећење се одређују на основу плана и програма производње и норматива производње.

Под материјалом се, у домену планирања у производном систему, подразумевају све сировине, помоћни, погонски и други материјали потребни за производњу нових производа.

Задачи планирања материјала подразумевају:

- планирање материјала по врсти и квалитету; то обухвата планирање потреба, залиха и набавке материјала/сопствене израде материјала,
- расположивост материјала; то обухвата одређивање потреба, вођење стања, праћење расположивости материјала и конципирање тока материјала и складиштење истог.

Може се узети у обзир да сировина представља материјал који је неопходан за производњу једног дела, склопа или производа, а може се користити у почетном или измењеном облику. Помоћни материјал је онај који се посредно уграђује у производ (лакови, превлаке, боје, материјал за паковање). Погонски материјал обухвата мазива,

средства за чишћење, горива, итд. Планирање материјала се може вршити коришћењем метода које могу бити детерминистичке, статистичке, хеуристичке, метахеуристичке и друге.

За планирање залиха материјала у одређеном периоду потребно је познавање производног програма, пре свега због асортимана и величине наруџбине. Методе које се користе за планирање материјала могу бити употребљене и за планирање залиха. Уколико је у процесу развоја производа развијен нови производ који тек треба да уђе у производњу, одређивање потреба материјала врши се углавном методама процене.

Планирање коришћења капацитета подразумева одређивање токова у производном систему. У фази планирања производње, реализује се макропланирање токова у равни производног система и погона. Рашчлањавањем токова добијају се временски и технолошки одвојени токови активности при чему се користе различите методе:

- мрежно планирање,
- методе линеарног, стохастичког и/или динамичког планирања,
- методе вишекритеријумске оптимизације, итд.

9.3.2 Агрегатно планирање

Агрегатно планирање представља средњорочно планирање које узима у обзир период од 3 до 36 месеци. У току овог периода се претпоставља да су израчунати физички капацитети фиксни. У том смислу, овај тип планирања значи свеукупно планирање и усклађивање, што значи да се флукуације у тражњи морају решавати помоћу радне снаге и других распореда. Агрегатно планирање има функцију да усклади тражњу са понудом при чему треба да обезбеди менаџменту информације које количине ресурса треба да буду коришћене правовремено да би се остварили циљеви уз минималне трошкове (слика 9.6).

То практично значи да је потребно ускладити количине производње, залиха, радне снаге, прековременог рада, подуговарање и остале величине које могу имати утицаја. Циљ агрегатног планирања

јесте да утврди адекватан ниво производње у блиској будућности, узимајући у обзир променљиву тражњу, тако да се нађе оптимална комбинација ресурса и фактора који утичу на тражњу уз минималне трошкове.



Слика 9.6 Агрегатно планирање у производном систему

Фактори који утичу на тражњу су нпр. цена производа, маркетинг и промоција производа, производни портфолио и сл. Суштински, кроз агрегатно планирање може се утицати на тражњу и капацитета производног система па је тако могуће издвојити стратегије на основу ова два критеријума. Уколико се менаџмент предузећа одлучи за подешавање капацитета, могуће је применити неку од следећих стратегија (Ceryan and Koren, 2009).

1. Мењање нивоа залиха постиже се на два начина. Први начин подразумева повећање залиха уз додатне трошкове складиштења, осигурања и ризике истека рока залиха; ова стратегија је згодна за предузећа која праве сезонске производе, нпр. кишобрани, сладолед, сунцобрани и сл. Други начин подразумева смањење залиха што у случају повећане тражње може довести до несташице, дужих рокова испоруке и сл.

2. Мењање брзине производње да би се задовољила тражња. На овај начин послују системи који имају уграђен *Just-In-Time* концепт, нпр. у аутомобилској индустрији или у услужним делатностима као што је *McDonalds*.

3. **Хибридна стратегија** подразумева истовремено мењање нивоа залиха и мењање брзине производње да би се задовољила тражња.

4. **Варирање броја радне снаге** може да се спроведе тако што менаџери запошљавају или отпуштају раднике у производњи. У пракси се сматра да ова стратегија није добра јер може да одведе у неетичко понашање менаџера и стварање осећаја несигурности код запослених. Такође, новим радницима је потребно време да се обуче и стекну рутину у пословима.

5. **Варирање радних сати** може да се спроведе да би се остварили циљеви производње. Треба имати на уму да је одржавање сталне радне активности могуће ако се мења број радних сати, али те измене могу изазвати замор (уколико се ради прековремено) и/или незадовољство (уколико се скраћује радно време што се одражава на плату).

6. **Подуговарање** се може односити на ангажовање радника ван производног система или на повећање капацитета ангажовањем подизвођача радова. Ангажовање радника који нису стално запослени у производном систему је адекватна стратегија у случају појаве краткотрајне повишене тражње или код обављања сезонских послова. У оба случаја могу се јавити негативни ефекти у виду високе цене подуговарања или ангажовања хонорарних радника, као и могућа појава конкуренције у дужем временском периоду. Уколико се менаџмент предузећа одлучи за опције подешавања тражње могуће је применити неку од следећих стратегија:

1. **Утицај на тражњу** се може применити када је тражња ниска помоћу оглашавања, промоције, смањењем цена или личне продаје. Ова стратегија донекле може компензовати снижену тражњу код производа где је могуће понудити их по сниженим ценама или нпр. у домену услуга авио транспорта оглашавањем и промоцијом.

2. **Неподмирено наручивање** дугорочно није добра стратегија јер предузеће прима поруџбине које не може да испоручи на време. На овај начин, јавља се незадовољство крајњег купца.

Поред наведених стратегија, могуће је користити и комбиноване стратегије које укључују метахеуристику и тражење оптималних решења.

9.3.3 Краткорочно и оперативно планирање

Након агрегатног планирања (слика 9.5), врши се детаљно планирање по активностима које треба да буду спроведене у процесу производње које узима у обзир (*Mahmoodi, Mosier, Morgan, 1999*):

- одређивање производних операција (*routing*),
- Одређивање термина (*scheduling*), и
- Распоређивање задатака или диспозиционирање (*loading*).

Након одређивања производних операција и одређивања термина, дефинише се план производње који може бити у форми:

- Мастерплан производње,
- Детаљни планови на дневном и недељном нивоу.

Мастерплан (главни план) производње важи за период до 3 месеца. Када се праве детаљни планови врши се одређивање потребних количина материјала тако да производња буде спремна за иницијацију (лансирање) и распоређивање задатака или диспозиционирање.

Одређивање производних операција (*routing*)

Одређивање производних операција (*routing*) које треба спровести у процесу производње је најважнији део краткорочног планирања јер представља основу за даље кораке планирања. У овом кораку се одређује које операције треба да буду урађене на предметима обраде и како ће бити урађене, као и то где ће бити урађене и ко ће их урадити. Самим тим, у овом кораку се одређује комплетна рута обрадног материјала преко локација обраде (обрадних центара), појединачних операција и секвенци.

Важно је да одређена рута кретања обрадних елемената буде оптимална јер се уједно дефинишу и све производне операције, као и машине на којима се изводе. Одређивање производних операција

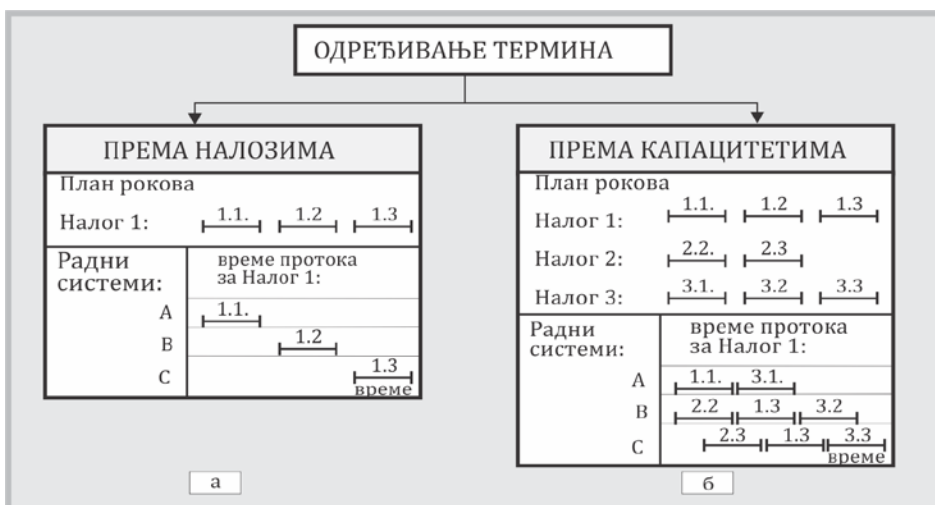
узима у разматрање и просторни распоред производње (*layout*) тако да излазне информације из ове фазе планирања се шаљу у технолошки систем и користе се за инжењеринг процеса производње. Инжењеринг процеса производње може да подразумева и пројектовање технолошких процеса производње.

Одређивање термина (*scheduling*)

Одређивање термина (терминирање или планирање термина) се састоји у повезивању задатака одређеног временског трајања са радним системом, при чему се дефинишу почетни и крајњи термин. Одређивање термина може се вршити на два начина (слика 9.7):

- оријентисано према налозима и
- оријентисано према капацитетима.

Одређивање термина према налозима се доминантно односи на повезивање трајања радних задатака и радних система у погледу почетних и крајњих термина извођења задатка. Притом се не узима у обзир искоришћење капацитета па се овај приступ користи у случају када нема додатних капацитета или на специфичним технолошким местима за ову намену.



Слика 9.7 Одређивање термина према налозима и према капацитетима (Perović et al., 1996)

Уколико се врши одређивање термина према капацитетима, врши се повезивање времена трајања задатака и радних система при чему се рачуна почетни и крајњи термин. Пошто се води рачуна о искоришћењу капацитета врши се усклађивање потребног и стварног капацитета.

Распоређивање задатака (*loading*)

Распоређивање задатака (*loading*) представља повезивање дефинисаних задатака према предвиђеном редоследу са адекватним радним ресурсима. На овај начин, спровођење дефинисаних задатака може да се започне и заврши у предвиђеном року. Распоређивање задатака у производним системима која су организована на класичан начин обавља се преко радних налога. У савременим организацијама у производњи се користе канбан картице и не користе се радни налози. У том случају, активности полазе од провере капацитета у равни производње (монтаже), након чега се “повлаче” остале активности.

У мањим производним предузећима и њиховим производним системима често краткорочно терминирање и распоређивање задатака врше исте особе, при чему се ове активности називају управљање радионицом. При распоређивању задатака треба нагласити да се спровођење врши према унапред задатим правилима приоритета и захтевима, што значи да се задатак може извршити са жељеним квалитетом само на одређеним средствима рада и/или од стране одређеног радника. Такође, важно је узети у обзир и сва могућа поремећајна дејства током извршавања налога.

Када се покрене производња и започне извођење планираних активности, “главну улогу” преузима контрола производње.

9.4 Фаза контроле

Треба нагласити чињеницу да упркос детаљним плановима, у реалним условима није увек могуће остварити планове у потпуности. Постоји велики број фактора који могу изазвати девијације од планова. То могу бити недостатак материјала који није испоручен на

време, отказ радних машина, нагле промене у понуди и потражњи, одсуствовање радника са посла, проблеми у комуникацији између подсистема производног предузећа и сл.

Управо због наведеног неопходна је функција контроле производње (Bussmann et al., 2013). Она представља континуалан процес који омогућава менаџменту да добије вредности остварених перформанси свих ентитета и запослених у технолошком систему. Остварене вредности је потребно упоредити са жељеним (пројектованим вредностима) да би се открила одступања и да би се предузеле корективне мере. Корективне мере се предузимају да би се спречило настајање одступања од планираних вредности. Може се рећи да контрола производње (слика 9.8) обезбеђује регистар свега што се дешава у процесу производње и прецизира настанак тога што се десило.

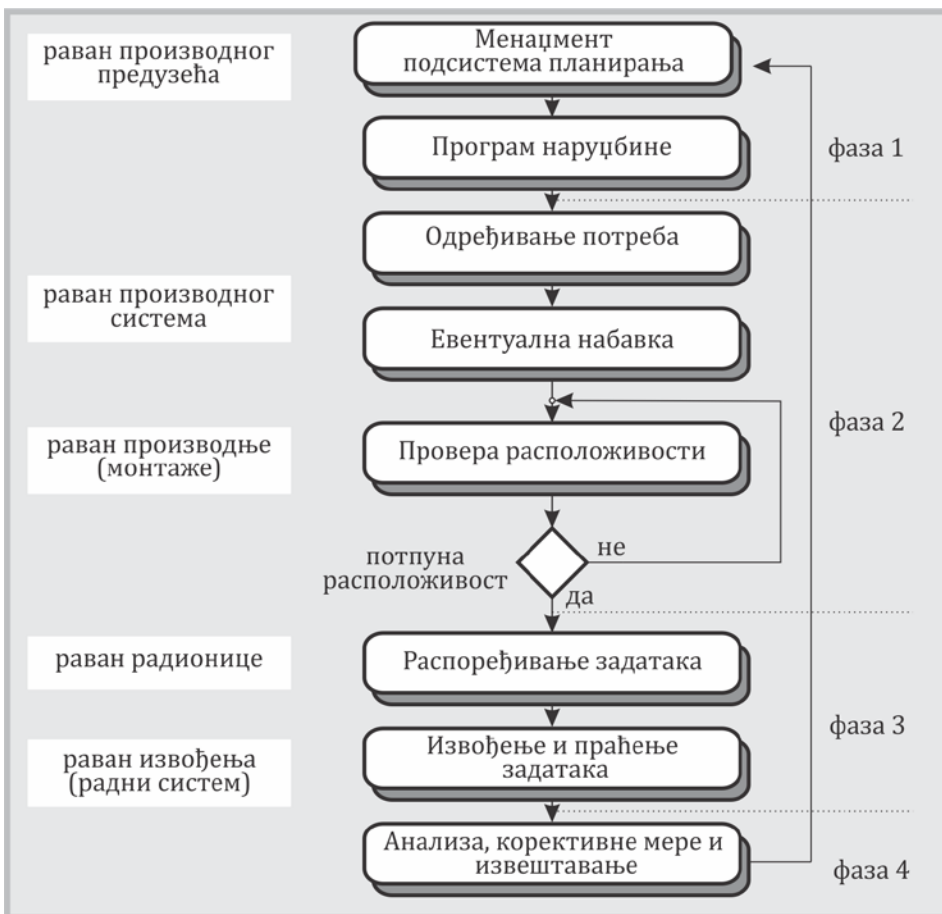


Слика 9.8 Повезаност активности планирања и контроле производње

Уколико постоји одступање између планова производње и остварених перформанси производње, онда контрола производње треба да реагује корективним мерама и да омогући реализацију производње према плану. Поред наведеног, једна од основних

функција контроле јесте да обезбеди расположивост запослених, машина, материјала, алата и осталих елемената производње тачно на време. Након реализације производних процеса, врши се квантитативна и квалитативна контрола квалитета. Описане активности у домену контроле производње потребно је реализовати тако да се контролише и процес стварања вредности (слика 9.8).

Активности контроле (слика 9.9) производње треба изводити тако да се доступни ресурси предузећа, укључујући и запослене, користе на најбољи могући начин.



Слика 9.9 Активности контроле производње

Према временском распореду, активности контроле производње је могуће груписати у четири фазе које је могуће представити одговарајућом схемом (слика 9.9):

- Програмирање - планирање количине производа који треба да буду произведени према програму наруџбине,
- Диспозиција материјала и провера расположивости ресурса ради реализације програма поруџбине,
- Извођење и праћење задатака (радних налога),

Постоперативна фаза – оцена напретка, корективне мере и обезбеђење повратних информација за даље планирање.

Фаза контроле производње почиње тако што се врше активности планирања количине производа (**програмирање**) који треба да буду произведени према програму наруџбине.

У циљу испуњења количина програма наруџбине, потребно је спровести активности које подразумевају одређивање потребних количина материјала (**диспозицију материјала**) и проверу расположивости ресурса. У овој фази се одређује када (који термин), колико (по врсти и количини) и где (по местима трошкова) треба обезбедити материјал. Израчунате потребе материјала усклађују се са стањем залиха у производном систему (магацин), по врсти и количинама у односу на дефинисане термине производње. Да би се извршила иницијација производње, потребно је урадити и проверу расположивости ресурса. Провера расположивости ресурса се ради са циљем да се омогући да неопходни улази, потребни за спровођење задатака (материјал, информације, енергија) и капацитети (људи и средства рада) буду на располагању у одређеним терминима на радним системима. Распоживост се може анализирати у односу на радне задатке (налоге) или радне системе и комбиновано. У првом случају проверава се расположивост само за оне капацитете, информације и материјале који су неопходни за спровођење једног одређеног задатка или налога (нпр. у монтажи). Провера расположивости у односу на радне системе обухвата проверу да ли су расположиве све информације (документација), запослени, средства рада укључујући алате, стезне и мерне приборе, материјал и често

стандардни делови, погонски и помоћни материјал. Овај начин се користи код производње непрекидног тока и аутоматске производње, јер се мора обезбедити континуално допремање ресурса да би се спречили застоји.

Након провере расположивости почиње **извођење и праћење** задатака. Активности праћења подразумевају утврђивање испуњености задатака, односно праћење одступања стварних од планских задатака. Разликује се праћење:

- у ужем смислу, које представља обухватање података из производње,
- у ширем смислу, које представља обухватање и грешака, стварних трошкова и услова рада.

Обухватање података представља прикупљање и исказивање стварних података у адекватном облику за пренос, односно даљу обраду. Савремени производни системи су опремљени системима за аквизицију, пренос и обраду података, који су често интегрисани у информациони систем или у *ERP* систем. У односу на врсте података, разликује се обухватање примарних и секундарних података. На основу повратних информација из производних процеса врши се праћење количина и термина тако да је могуће, према потреби, предложити корективне мере. Активности праћења извршења задатака и анализе, корективних мера и извештавања су суштински повезане и у неким производним системима се користе као основа за дефинисање процедуре контроле (табела 1).

У постоперативној фази врши се оцењивање напретка, прописују се корективне мере и обезбеђују се повратне информације за даље планирање.

Корективне мере имају за циљ умањење или елиминисање одступања стварних од планираних карактеристика. Суштински, постоје два типа корективних мера:

- мере које се примењују током испуњења задатака да би се резултати ускладили са плановима,
- мере које подразумевају измену планова.

То значи да се грешке могу јавити и у активностима планирања, али и у активностима извођења задатака. Поремећаји настају изненада и имају случајан карактер. Поремећајне величине могу бити унутрашње (настају нпр. у процесима набавке, производње, интерне логистике, продаје и сл.) и спољашње (настају нпр. у домену дејства тржишта, дејства природних поремећаја – поплава, пожара, пандемија и сл.). У циљу превазилажења поремећаја и обезбеђења континуалног функционисања, предузећа треба да имају развијен капацитет за опоравак (*organizational resilience*).

Табела 1 Најчешћи елементи процедуре контроле производних процеса (*Kiran, 2019*)

	Процес	Залихе	Контрола	Трошкови
Праћење	Поређење излазних количина из процеса са планираним, одређивање празног хода и времена у отказу	Документоване информације о нивоу залиха	Процесна контрола и контролне карте	Прикупљање података о трошковима
Анализа	Поређење стварног и напредовања према плану	Анализа тражње	Контрола способности процеса	Израчунавање стварних трошкова и поређење са плановима
Активности корективних мера	Спровођење мера	Издавање радних задатака и налога за набавку	Иницирање контроле процеса	Прилагођавање цене коштања (уколико је могуће)
Евалуација и повратне информације	Одређивање способности процеса и планирање одржавања	Унапређење система за управљање залихама	Поновна процена унапређења процеса и процедура контроле	Економска оцена процеса, припрема бољих информација за будуће активности

Повратне информације представљају информације о стварним резултатима у процесу производње и чине информације које представљају повратну спрегу са планирањем и на тај начин "затварају" систем за планирање и контролу производње (*Schäfers et al., 2019*). Према месту прикупљања, повратне информације могу бити из:

- производње (радна места или групе радних места) које садрже времена извршења задатака, произведене количине по налозима и операцијама, врсте застоја, почетни и крајњи термин застоја и
- интерне логистике, одржавања итд.

Поред омогућавања бољег планирања, повратне информације се могу искористити за унапређење стратегија управљања производним процесима.

Питања за обнављање градива

1. Објаснити модел планирања са више равни пословних производних система.
2. Шта омогућава планирање производње и контрола (*production planning and control - PPC*)?
3. Који су најчешћи циљеви планирања производње и контроле?
4. Који су основни процеси планирања производње и контроле?
5. Објаснити модел функционисања подсистема производње и контроле и интеракције са другим подсистемима предузећа.
6. Објаснити одвијање процеса по фазама у оквиру подсистема за планирање производње и контроле.
7. Шта све подразумева планирање капацитета?
8. Које стратегије се користе за подешавање капацитета у току агрегатног планирања?
9. Објаснити активности краткорочног планирања.
10. Скицирати и објаснити повезаност активности планирања и контроле производње.
11. Објаснити активности контроле производње по фазама.
12. Који су најчешћи елементи процедуре контроле производних процеса?

Литература

1. BUSSMANN, Stefan; JENNINGS, Nicolas R.; WOOLDRIDGE, Michael. *Multiagent systems for manufacturing control: a design methodology*. Springer Science & Business Media, 2013.
2. CERYAN, O.; KOREN, Y. Manufacturing capacity planning strategies. *CIRP annals*, 2009, 58.1: 403-406.
3. DILLARD, James Price; SEGRIN, Chris; HARDEN, Janie M. Primary and secondary goals in the production of interpersonal influence messages. *Communications Monographs*, 1989, 56.1: 19-38.
4. HUANG, M.-G.; CHANG, P.-L.; CHOU, Y.-C. Demand forecasting and smoothing capacity planning for products with high random demand volatility. *International Journal of Production Research*, 2008, 46.12: 3223-3239.
5. KIM, Jae-Gon; KIM, Yeong-Dae. Layout planning for facilities with fixed shapes and input and output points. *International Journal of Production Research*, 2000, 38.18: 4635-4653.
6. KIRAN, D. R., *Production Planning and Control, A Comprehensive Approach*, Paperback, 2019, ISBN: 9780128183649, eBook ISBN: 9780128189375, Imprint: Butterworth-Heinemann.
7. МАНМООДИ, Farzad; MOSIER, Charles T.; MORGAN, John R. The effects of scheduling rules and routing flexibility on the performance of a random flexible manufacturing system. *International journal of flexible manufacturing systems*, 1999, 11.3: 271-289.
8. SCHÄFERS, Philipp; MÜTZE, Alexander; NYHUIS, Peter. Integrated Concept for Acquisition and Utilization of Production Feedback Data to Support Production Planning and Control in the Age of Digitalization. *Procedia Manufacturing*, 2019, 31: 225-231.
9. VOLLMANN, Thomas E. *Manufacturing planning and control for supply chain management*. 2005.
10. ПЕРОВИЋ, Милан, АРСОВСКИ, Славко, АРСОВСКИ, Зора, *Производни системи*. Машински факултет Крагујевац, Крагујевац, 1996, ИСБН 86-23-43035-2.

Поглавље 10.

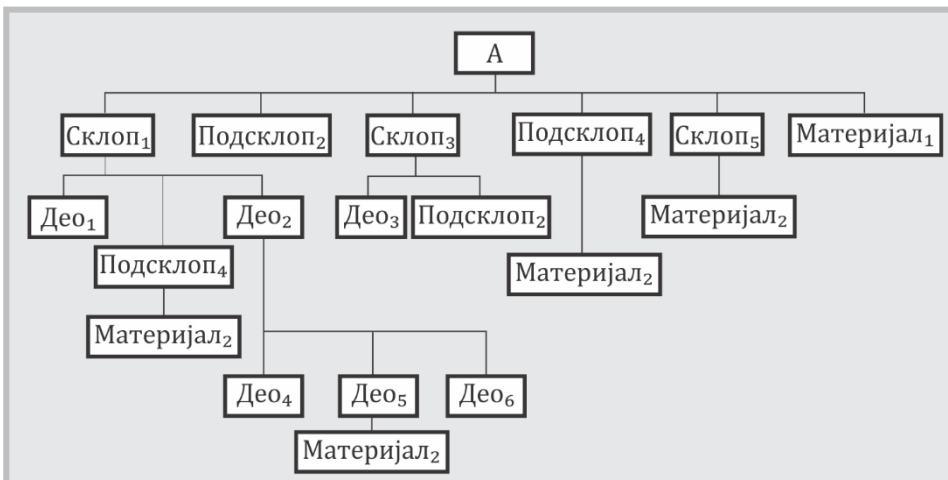
ИНЖЕЊЕРИНГ ПРОИЗВОДЊЕ, ПРОСТОРНИ РАСПОРЕД И УПРАВЉАЊЕ АЛАТИМА

Циљеви	Структура поглавља
После читања овог поглавља бићете оспособљени да:	
1. Објасните основне карактеристике производних процеса и серијност процеса	10.1 Основне карактеристике производних процеса 10.2 Серијност процеса
2. Објасните елементе који утичу на продуктивност производних процеса	10.3 Продуктивност производних процеса
3. Објасните основне и хибридне типове просторног планирања (<i>layout</i>) производних система	10.4 Просторно планирање производних система
4. Разумете развој технологија које подразумевају рачунаром подржано планирање производних процеса (<i>CAPP</i>)	10.5 Рачунаром подржано планирање производних процеса (<i>CAPP</i>) 10.6 Управљање алатима, утицај врсте технолошког процеса на избор алата и планирање потреба алата

10.1 Основне карактеристике производних процеса

Како је у претходним поглављима представљено, процес представља промену стања система током времена, која настаје услед размене и трансформације материјала, енергије и информација између система и околине или унутар елемената система. У циљу доброг познавања (производног) система, потребно је дефинисати структуру система и зависности између његових елемената (подсистема), циљ функционисања система и структуру задатака чијим се решавањем постиже задати циљ, факторе спољашњег и унутрашњег дејства на одвијање процеса у систему и факторе којима се елиминише деловање оних фактора са лошим дејством.

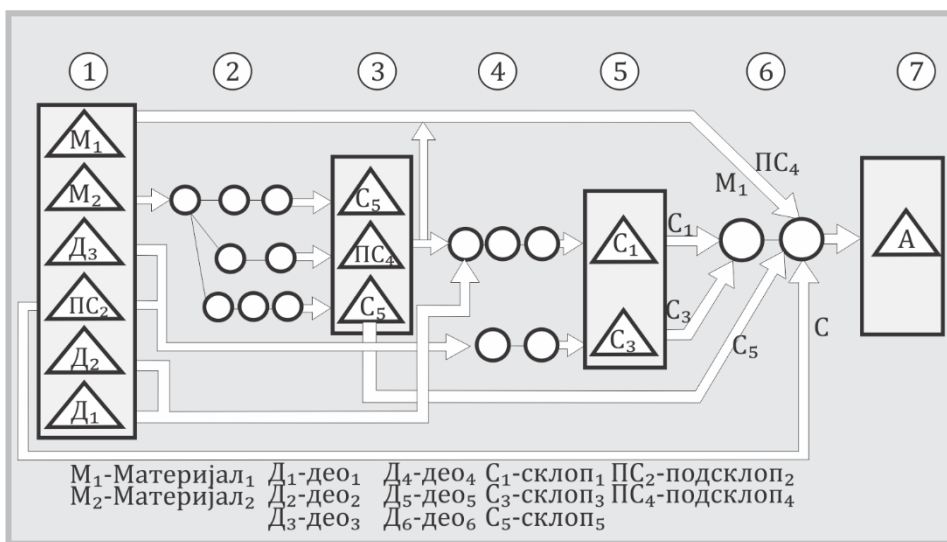
Задатак инжењеринга процеса производње је да се кроз активности овог подсистема дефинише процес, изабере одговарајући модел процеса, дефинишу улази, стања и излази, и дефинишу критеријуми управљања и ограничења (Erasmus et al., 2020). Након тога, следи фаза управљања производњом. Полази се од производа који се производи у посматраном процесу производње. Посматрани производ има, примера ради, структуру приказану на слици 10.1.



Слика 10.1 Структура производа А

Производ А монтира се из склопа₁, подсклопа₂, склопа₃, склопа₄, склопа₅ и материјала₁. Склоп₁, склоп₃, склоп₄ и склоп₅ израђују се у истој производној и организацијској јединици, а подсклоп₂ долази у посматрани процес монтаже из другог производног процеса. Подсклоп₂ је за посматрани систем улазна компонента.

У склоп₁ и склоп₃ уграђују се део₁, подсклоп₄ и део₂, односно део₃ и подсклоп₂. Подсклоп₄ и део₅ израђују се у посматраном процесу производње од материјала₂, док су део₁, део₂, део₄, део₆, и подсклоп₂ улазне величине. Структура производа и распдела програма производње дефинишу основне материјалне улазе односно излазе из посматраног процеса. Општи модел производње производа А може се представити као на слици 10.2.



Слика 10.2 Општи модел производње према структури производа А

Цео процес је могуће поделити на четири фазе. У том случају, прву фазу чине процеси производње и складиштења (позиције 1 и 2). Ова фаза представља складиштење материјала и производњу делова, што се према ознакама са слике 2 изражава у облику:

$M_2 \rightarrow \text{трансформација} \rightarrow C_5$

$M_2 \rightarrow \text{трансформација} \rightarrow ПС_4$

Фаза II се може представити као складиштење делова (позиција 3) и производња подсклопова (позиција 4):

$D_2, PC_4, D_1 \rightarrow$ трансформација $\rightarrow C_1$

$D_3, PC_2 \rightarrow$ трансформација $\rightarrow C_3$

$M_2 \rightarrow$ трансформација $\rightarrow PC_4$

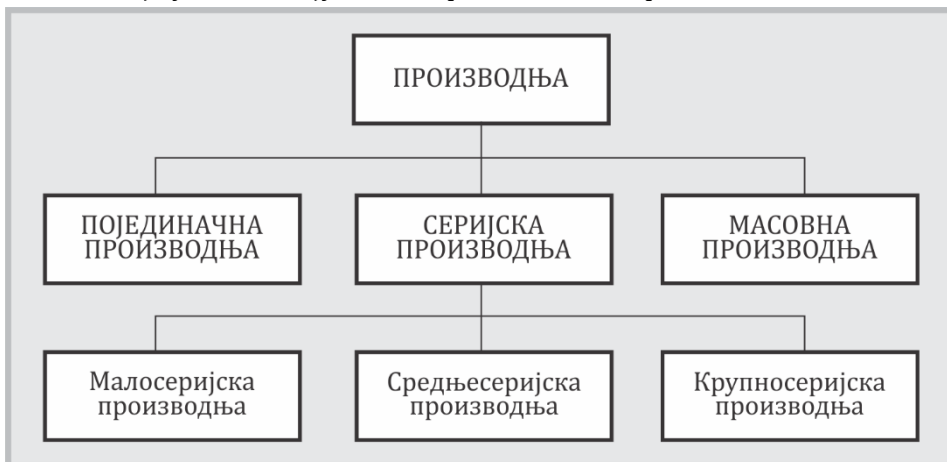
$M2 \rightarrow$ трансформација $\rightarrow C_5$

Фаза III се састоји од складиштења подсклопова (позиција 5). Фаза IV обухвата производњу склопа (позиција 6) и складиштење готових производа (позиција 7):

$C_1, PC_2, C_3, PC_4, C_5$ и $M_1 \rightarrow$ трансформација $\rightarrow A$

10.2 Серијност процеса

Серијност процеса производње представља параметар који садржи низ својстава која су битна за начин организовања и начин управљања производним процесом (*Swift & Booker, 2003*). Серијност процеса уз елементе као што су: сложеност производа, врста и ниво технологије условљавају начин организовања производње.



Слика 10.3 Типови производних процеса

С обзиром на серијност производња може бити (слика 10.3): (1) појединачна, (2) серијска (малосеријска, средњесеријска, крупносеријска) и (3) масовна.

При томе је важно нагласити да су карактеристике малосеријске производње сличније појединачној, а крупносеријске, масовној производњи. У домену менаџмента у производњи, битно је разјаснити основне карактеристике наведених типова производње.

Појединачна производња се одвија на машинама које су најчешће организоване према врсти обраде. Притом се дефинише велики број радних налога који се истовремено извршавају и производња се одвија како се задовољиле потребе познатог купца са дефинисаним роком испоруке уз дефинисани ниво квалитета. Може се рећи да појединачну производњу карактерише контрола производног процеса да би се производ испоручио у задатом времену са задатим квалитетом.

Серијска производња се може реализовати као прекидни или непрекидни процес при чему се користе специјализоване машине, универзални уређаји и специјални прибори и алати.

Масовна производња се може реализовати континуално, на једној или више машина уз претпоставку да се производи велика количина производа. Имајући у виду наведено, може се рећи да масовну производњу карактерише примена агрегатних, аутоматизованих и специјалних машина са специјализованим уређајима, приборима и алатима.

Узимајући у обзир наведено, може се рећи да су два фактора најважнија приликом одређивања типа производње: (1) план производње за одређени временски период и (2) расположиви технолошки капацитет за остварење тог плана.

Приликом одређивања величине серије, користи се коефицијент серијности (K_s) при чему се исти израчунава као однос технолошког капацитета опреме у одређеном периоду (то може бити дан, месец, година, итд.) и времена трајања операција за предвиђену количину који је помножен са планом производње за тај период.

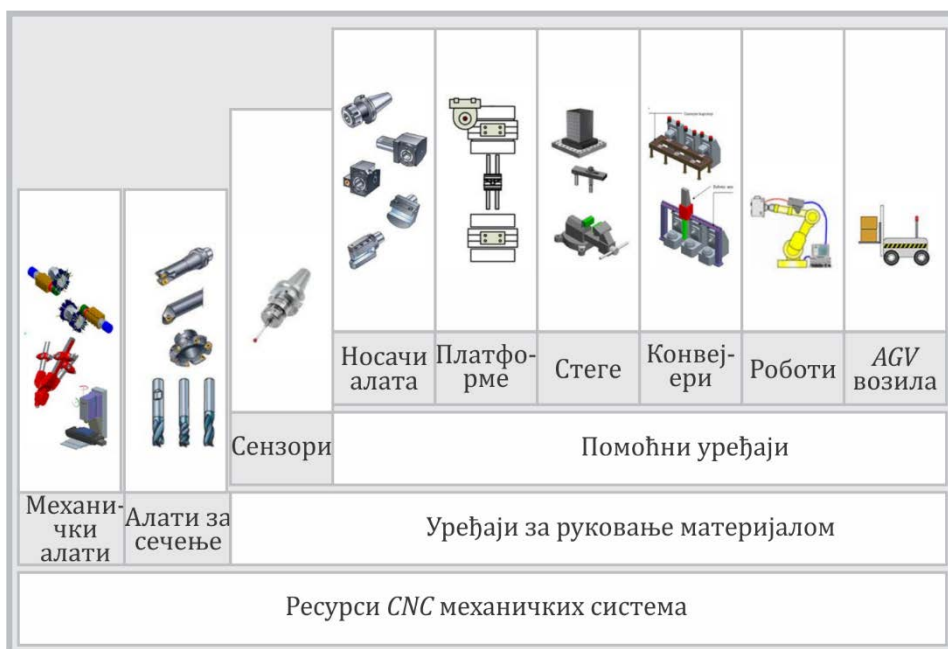
$$K_s = \frac{Fg}{N \cdot Tk}$$

где су:

- F_g - активни капацитет (фонд часова рада опреме) за период (изражава се у часовима - h),
- N - номинални план производње за период (изражава се у комадима - ком) и
- t_k - средње време израде операције (изражава се у часовима по комаду - $h/ком$).

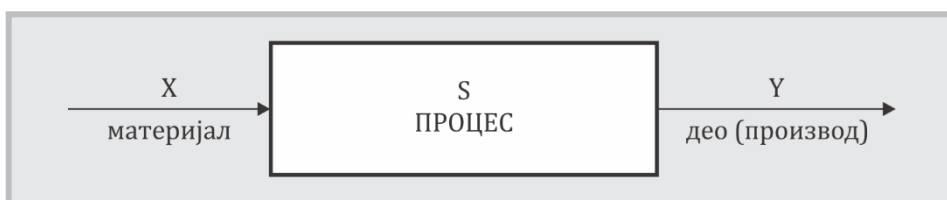
У пракси најчешће коефицијент серијности служи да се одреди број различитих операција за обраду једног или више делова, који се обрађују на адекватној машини у току дефинисаног временског интервала.

Традиционално, обрадни систем се може представити као елементарни систем једног производног система. При томе, његови елементи су оператер, средства за рад (машина са прибором, алатом и енергијом) и предмети рада (материјал и обрађивани предмет). Савремени обрадни системи најчешће подразумевају употребу *CNC* технологија при чему је њихова структура комплексна (слика 10.4).



Слика 10.4 Структура *CNC* обрадног центра (Vichare et al., 2009)

У суштини, управљачки део обрадног система представља оператер при чему неке његове активности може преузети машина. Овај приступ је заступљен у концепту Индустрија 4.0. Елементе обрадног процеса чине машина са прибором, алатом, материјалом и енергијом. Улазна величина у процес обраде је материјал који се током активности процеса трансформише у предмет одређених карактеристика. Трансформација се може обављати на једном или више обрадних система. При томе је важно нагласити да се процес трансформације на једном радном месту (обрадном систему) у непрекидном временском току назива **радна операција** (слика 10.5).



Слика 10.5 Производна операција као процес трансформације материјала

Да би се производни процес реализовао до краја, поред производних операција које се изводе на обрадним системима, потребно је реализовати и операције: складиштења, транспорта, контроле квалитета и др.

10.3 Продуктивност производних процеса

Продуктивност рада представља индекс који мери однос излазних величина из производног система (производи и/или услуге) према улазним величинама (запослени, материјал, енергија и други ресурси) које су неопходне за производњу (Stevenson, 2017). Притом, може се рећи да продуктивност рада представља једну од мера квалитета управљања у одређеном времену у једном производном систему у односу на други.

$$\text{Продуктивност} = \frac{\text{Излаз}}{\text{Улаз}}$$

Добијена вредност продуктивности је број који сам по себи не даје адекватан увид у перформансе система, па тако тек на основу поређења са вредношћу продуктивности других производних или обрадних система или са пројектованим нивоом продуктивности ова релативна мера добија свој смисао (*Cosmetatos and Eilon, 1983*).

На ниво продуктивности рада утиче велики број фактора од којих су најзначајнији запослени са својим способностима и односом према раду, квалитет менаџмента, техника рада, технологија која обухвата дефинисање елемената процеса рада и производње, државна регулатива која се односи на одговарајуће законске прописе, дотације, ослобођење од пореза, компензације и околина (расположиви ресурси).

Уколико се посматрају обрадни системи њихов излаз је остварена производња, а улазне величине обухватају укупан утрошени рад (живи и минули) у обрадном систему и системима са којима је обрадни систем повезан. То могу бити системи припреме производње, одржавања, контроле, итд. Однос остварене производње и утрошеног рада представља изведени (парцијални) показатељ продуктивности рада, при чему се утрошени живи рад изражава у временским јединицама:

$$\text{Продуктивност рада} = \frac{Q}{\text{утрошено време}} = \frac{Q}{t}$$

* Q - неутрални показатељ излаза из система (у овом случају радног места или производне линије) при чему се исти изражава у јединицама мере (количина - број комада, маса, дужина);

* T (временска јединица) - утрошено време на производњи Q излаза из система.

Ако се утрошено време искаже преко времена утрошеног на директном раду добија се **производност рада**, при чему се иста мери бројем јединица производа урађених на производном радном месту у јединици времена. У пракси се може анализирати технолошка производност и теоријска производност.

Технолошка производност P , може се дефинисати као број комада

(делова) који би се обрадили на алатној машини при непрекидном раду, без циклусних и ванциклусних губитака:

$$P_t = \frac{1}{t_g}, \text{ ком/мин}$$

T_g – главно време обраде

Теоријска производност P_{to} се може дефинисати бројем комада који би се обрадили на алатној машини при непрекидном раду, без ванциклусних губитака:

$$P_{to} = t_g + t_p, \text{ ком/мин}$$

T_p – помоћно време
обраде

Код алатних машина периодичног дејства ($t_p \neq 0$) $P_{to} < P_t$, а код алатних машина континуалног дејства ($t_p = 0$) теоријска производност једнака је технолошкој.

За све производне системе, укључујући и привреду једне државе, важан показатељ представља пораст/смањење продуктивности (*Productivity growth*).

$$= \frac{\text{Пораст (смањење) продуктивности} = \text{Продуктивност у текућем периоду} - \text{Продуктивност у претеклом периоду}}{\text{Продуктивност у претеклом периоду}} \times 100$$

Ова величина представља однос продуктивности у текућем и претходном периоду помножену са 100 како би се добио износ у процентима.

10.4 Просторно планирање производних система

Просторно планирање (енгл. *Layout*) односи се на конфигурацију организационих јединица, радних центара и опреме, при чему се узимају у обзир кретања материјала кроз систем (*Stevenson, 2014*). Просторно планирање производних система је јако битно зато што изискује значајна материјална средства, дугорочно планирање, и има

велики утицај на трошкове и ефикасност активности у читавом производном систему.

Основни циљ просторног планирања је обезбеђење континуалног тока рада, материјала и информација кроз производни систем. Током планирања, потребно је обратити пажњу и на компонентне циљеве који подразумевају остварење планираног нивоа квалитета, ефикасност запослених, елиминацију застоја у производњи „уских грла“, смањење трошкова руковања материјалом, безбедност запослених и сл.

Теоретски, производни процеси могу се реализовати као непрекидни и прекидни процеси. При томе важи да они имају своје карактеристике, па тако непрекидни процеси имају карактеристичан размештај машина по операцијама, високопродуктивну опрему са високим степеном поделе рада и високом синхронизацијом времена израде. У овом случају, све етапе процеса, производне линије и места на којима се контролише квалитет су повезана системом транспорта чинећи један јединствен систем.

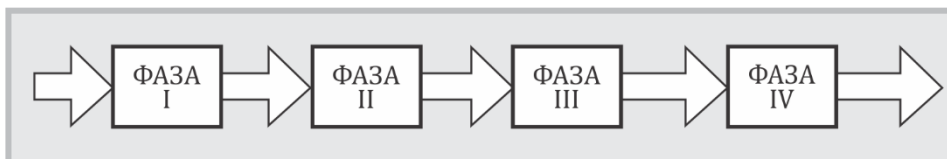
Може се рећи да постоје три основна просторна распореда (Stevenson, 2017): (1) непрекидни линијски производни просторни распоред, (2) прекидни процесни просторни распоред и (3) фиксни распоред. Комбинацијом основних могу се добити хибридни просторни распореди које имају болнице, супермаркети или бродоградилишта. У домену производних предузећа и производних система, као хибридни просторни распореди, издвајају се распоред производних ћелија (енгл. *cellular layout*) и распоред флексибилних производних система (енгл. *flexible manufacturing systems*).

Производни линијски просторни распоред (De Toni & Panizzolo, 1992) се користи да би се постигао континуалан брз проток великих количина материјала кроз производни систем. Погодан је за реализацију високостандардизованих производа где се активности производње понављају. Читав процес рада је подељен у стандардизоване кораке и производне операције, приликом чега се омогућава коришћење специјализоване опреме и подела рада. Главне предности овог просторног распореда су производња великих

количина готових производа при ниским јединичним трошковима, специјализација рада што смањује трошкове обуке запослених, поједностављено руковање материјалом уз ниже трошкове и сл. Основни недостаци овог просторног распореда су постојање послова који се понављају и који у континуитету неповољно утичу на продуктивност запослених, значајно умањене могућности флексибилне производње, изложеност отказима опреме, повећани трошкови одржавања и сл.

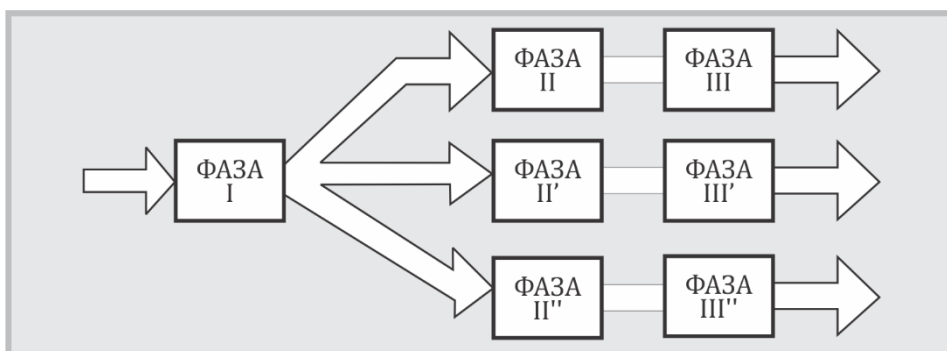
Практично, производни процес се организује као:

- узастопни низ фаза (слика 10.6),
- паралелни низ фаза (слика 10.7) и
- најчешће као комбиновани низ фаза (слика 10.8).



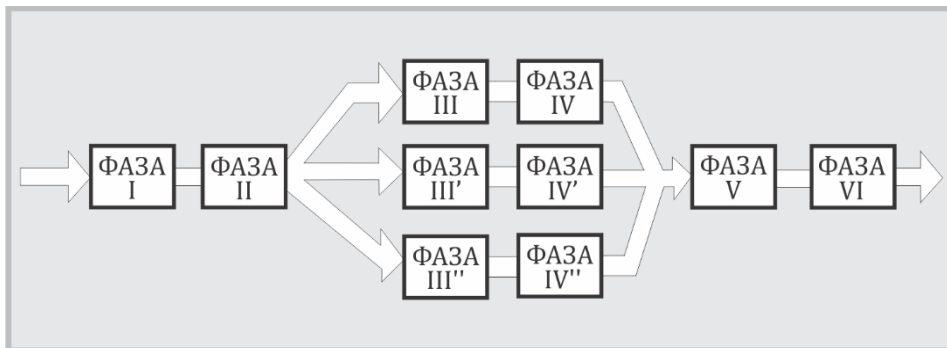
Слика 10.6 *Непрекидни процес реализован кроз узастопни низ фаза*

Узастопни низ фаза у производњи организује се у условима непрекидне производње.



Слика 10.7 *Непрекидни процес реализован кроз паралелно постављене фазе*

Паралелни низ фаза организује се у условима производње артикала сложене структуре и прекидне производње.



Слика 10.8 Производни процес са комбиновано постављеним фазама

Комбиновани низ фаза организује се као комбинација застопног и паралелног низа фаза.

Прекидни процесни распоред (енгл. *functional layout*) се користи да би се реализовали производи који укључују различите захтеване операције. Овакав начин рада изискује честа подешавања производне опреме што изазива дисконтинуалност или прекидни процес. Овакав просторни распоред подразумева организационе целине где се обављају одређени типови послова или обраде, нпр. мајсторска радионица где се раде мале серије производа. Главне предности овог просторног распореда су то што је могуће обавити велики број различитих послова на опреми која има широку употребу, опрема која се користи у овом случају није преосетљива на отказе и релативно је једноставна за одржавање. Основни недостаци овог просторног распореда су повишени јединични трошкови производње, комплексност прављења временских распореда, низак ниво искоришћености производне опреме, повећани трошкови руковања материјалом и сл.

Фиксни просторни распоред карактерише чињеница да производ на коме се ради остаје статичан тако да је потребно кретање радника, материјала и производне опреме. Готово увек, карактеристике производа на коме се ради (габарити, маса, или неки други фактори) изискују овакав просторни распоред. Овакав просторни распоред се употребљава током реализације грађевинских пројеката (изградња електрана, брана, мостова), за потребе рада

бродоградилишта, фабрика које производе авионе и сл. Током реализације активности у фиксном просторном распореду, потребно је уложити додатне напоре ради координације свих радних активности.

Просторни распоред производних ћелија (енгл. *Cellular Production*) карактерише распоред радних станица у групе тако да чине ћелије. Груписање се врши према операцијама које су потребне према одређеном типу технологије или за групу предмета које је потребно обрадити. На овим принципима су засноване типске и групне технологије. На тај начин, ћелије постају минијатурни производни линијски просторни распореди. Предузеће на овај начин може да има широк производни програм без генерисања великих количина отпада, где се од предности још може издвојити смањено водеће време, повећана флексибилност и продуктивност, виши ниво квалитета и сл.

Просторни распоред флексибилних производних система подразумева такав распоред који омогућава правовремену реакцију система на настале промене било да су предвиђене или непредвиђене. Флексибилност на овај начин може да се представи помоћу категорија флексибилности одређивања руте улазних елемената у производњу и флексибилности опреме. Флексибилност одређивања руте улазних елемената у производњу подразумева способност система да се прилагоди производњи нових производа и промени редоследа производних операција. Флексибилност опреме подразумева могућност употребе више машина да би се извршила иста производна операција, као и прилагођавање промени обима производње.

Принципи типске и групне технологије

Производни системи функционишу тако да је један од основних циљева максимизација излаза из система, док истовремено важи да се та максимизација постиже уз једнако или смањено улагање ресурса у производни систем. То се може постићи кроз учешће на већем проценту тржишта тако да се повећава обим производње, или кроз развој оптимизованих поступака унутар производних система где се снижавају трошкови по јединици производа.

Једна од могућности за снижавање трошкова по јединици производа јесте развој принципа групне технологије. Основа за развој групне технологије лежи у чињеници да трошкови развоја алата и пројектовања технологија учествују у великом проценту у трошковима пословања. Логично је претпоставити да уколико се производе велика количина групе производа коришћењем дате технологије, трошак по јединици производа ће бити нижи. У том смислу, може се рећи да на овај начин производни систем тежи обезбеђењу услова великосеријске и масовне производње, при чему се врши груписање предмета на бази неког критеријума сличности. Група делова која се обрађује на одређеној операцији обраде чини технолошку грану. Даље, у оквиру те гране, у зависности од геометријских и параметара, група делова се дели на операцијске групе.

Може се рећи да су поступци груписања директно повезани са технолошком класификацијом делова, па се тако разликују поступци груписања према (1) принципу редоследа операција (метод типске технологије), (2) принципу врсте обраде (групна технологија) и (3) комбинованом принципу.

Принцип редоследа операција се користи приликом разраде типских технолошких процеса (маршрута) који се разрађују за унифициране и карактеристичне типове из производног програма. Ове делове карактерише висока сложеност и тачност. Најједноставнији типски технолошки процес, који се најчешће примењује, јесте за производњу унифицираних делова као што су завртњеве, зупчаници, лежишта и сл.

Концентрација и диференцијација операција

Производни процес може да се реализује у условима концентрисаних или диференцираних операција.

Концентрација операција подразумева да се приликом пројектовања процеса обједини неколико различитих обрада које се обављају на једној машини у исто време. Ово је значајно јер је на овај начин могуће реализовати обраду врло сложених делова са малим бројем операција.

Примењује се код високопродуктивних машина, које су специјално конструисане за обраду конкретног радног комада сложеног облика и са доста површина за обраду. Основна предност је значајно скраћење времена обраде јер долази до преклапања главног и помоћног времена. Поред тога, предност представља и висок степен искоришћења производног простора и релативно мали број оператера у производњи. Типичан пример концентрације операција представља поравнавање површина глодањем, бушење отвора, проширивање, развртање и упуштање. Поред предности, постоје и недостаци концентрације операција: сложеност обраде, сложеност подешавања машина и алата и веома ниска флексибилност процеса.

Диференцијација операција подразумева тако дефинисан технолошки процес где да су производне операције разбијене у најједноставније елементе који се изводе на посебним машинама. Из наведеног се може закључити да оваква производња подразумева већи број машина у технолошкој линији. Неопходност оваквог начина организације производње постоји тамо где се захтева посебан квалитет обрађене површине и тачност димензија. Диференциране операције у пракси се често изводе на универзалним машинама, тако да омогућавају високу адаптивност и флексибилност процеса.

10.5 Рачунаром подржано планирање производних процеса (CAPP)

За потребе проучавања процеса производње, потребно је дефинисати хомоморфни модел једног производног система. Може се рећи да се под планирањем (пројектовањем) технолошког процеса у најширем смислу речи подразумева (*Perovic et al., 1996*):

1. избор полуфабриката,
2. одређивање циклуса производње,
3. израчунавање степена коришћења капацитета и избор нове опреме,
4. пројектовање операцијских поступака израде и монтаже,

5. пројектовање технолошке основе погона.

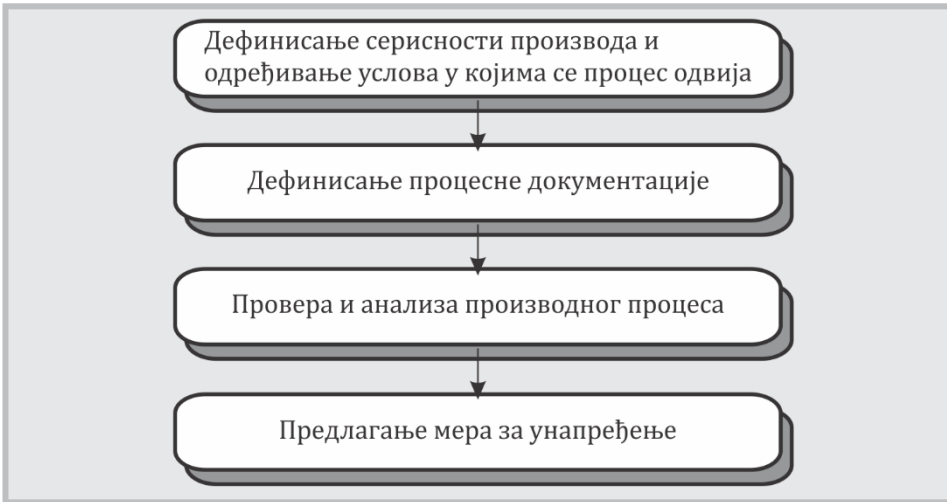
У оквиру активности одређивања циклуса производње, издвајају се дефинисање:

- материјала, односно полуфабриката,
- тачног редоследа извођења појединих операција,
- опреме на којој ће се операције радити,
- временске норме израде сваке операције.

Имајући у виду комплексност наведених активности, и истовремену доступност информационих и комуникационих технологија, у пракси се препоручује употреба различитих софтвера како би ове активности биле реализоване на ефикасан начин. Рачунаром подржано планирање процеса (*Computer Aided Process Planning - CAPP*) подразумева употребу информационих технологија у циљу планирања процеса израде дела или производа. *CAPP* технологије (*Grabowik et al., 2005*) представљају везу између технологија пројектовања подржаних рачунаром (*Computer Aided Design - CAD*) и рачунаром подржане производње (*Computer-aided manufacturing - CAM*).

У складу са наведеним циљевима, током планирања производних процеса постоји тежња да се карактеристике производа дефинишу кроз спецификације које се испуњавају у процесу производње уз најмање могуће трошкове. Поред оптимизације трошкова, важно је узети у обзир и друге захтеве као што су елиминација непотребних активности, решавање успореног тока производње („уска грла у производњи“), повећање прецизности обраде, ефикасна контрола квалитета, повећање транспарентности процеса како би исти био јасан свим запосленима који учествују у његовој реализацији.

Основни кораци у планирању производних процеса се могу представити графички (слика 10.9).



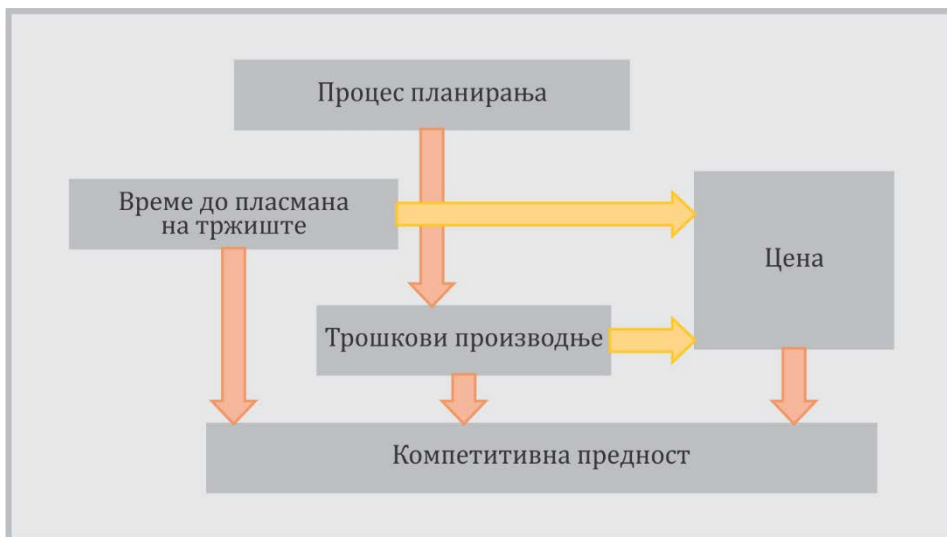
Слика 10.9 Основни кораци у планирању производних процеса

Планирање процеса почиње **дефинисањем серијности производње и одређивањем услова у којима се процес одвија**. Одређене производне операције и услови извођења процеса се реализују у складу са планом процеса тако да се врши трансформација улазних елемената у готов производ. Притом, план процеса и технички цртежи производа представљају формалне документе у производњи.

Након одређивања серијности, врши се свеобухватно планирање које полази од техничких цртежа, спецификација, листе требовања материјала, планираних количина производње према захтевима са тржишта. Узимајући у обзир наведено, планирају се токови материјала и радне операције са одговарајућим редоследом (*routing*), употреба обрадних центара, примена одговарајућих стандарда, алата, одређивање термина (*scheduling*), распоређивање задатака (*loading*) и сл. На овај начин, **дефинише се процесна документација**. Такође, у случају постојећих производних активности, врше се консултације са запосленима који их обављају како би се извршило свеобухватно мапирање и документовање.

Провера и анализа производног процеса се врши након првог времена реализације производног процеса. Након тога, провера и анализа се одвија периодично.

Предлагање мера за унапређење представља завршну активност у планирању производних процеса и има за циљ унапређење свих активности. Планирање процеса има велики утицај на трошкове у производњи и дефинисање времена изbacивања производа на тржиште, што непосредно утиче на остварење конкурентске предности (слика 10.10).



Слика 10.10 Принципи планирања производње и утицај на конкурентност предузећа

Узимајући у обзир наведене везе планирања процеса, управљања трошковима у производњи и остварењу конкурентске предности, може се рећи да постоје општи принципи према којима се врши оцена, а након тога и оптимизација процеса:

- дефинишу се излази из процеса; врши се анализа улазних елемената помоћу којих је могуће остварити те излазе,
- описују се циљеви процеса; врши се периодична процена испуњености циљева, као и актуелност циљева, тј. да ли је циљеве потребно преформулисати,
- врши се мапирање процеса тако да се представи логичан след активности без непотребних понављања операција или враћања на претходне реализоване активности.

Све активности и операције које се реализују током процеса производње треба да буду дефинисане у документацији. Уколико постоје активности које нису предвиђене документацијом, потребно је консултовати запослене који их изводе и након тога одлучити да ли су те активности неопходне. Уколико јесу, потребно је исте укључити у документацију о процеси и наставити са њиховим извођењем, док се у супротном те активности елиминишу као сувишне или непотребне.

Планирање производних процеса је током развоја индустрије еволуирало до рачунаром подржаног планирања производних процеса (CAPP). Првобитно, у индустријској производњи развијено је стандардизовање планова процеса према групама производа одакле су касније развијени принципи типске и групне технологије. У случају увођења новог производа, план процеса производње којој нови производ припада би био одабран и мануелно адаптиран тако да је овај приступ назван мануелна класификација. Како се дешавао технолошки и економски напредак, уведени су системи за анализу трошкова у производњи и системи за процењивање. Тако је у пословање уведен појам рачунаром одржавани планови процеса. У условима данашњег пословања, највише је заступљено варијантно планирање (енгл. *Variant CAPP*) и генеративно планирање (енгл. *Generative CAPP*), док се динамички генеративни системи развијају (енгл. *Dynamic, generative CAPP*).

Варијантно планирање (Yusof & Latif, 2014) је засновано на принципу кодирања групних технологија и принципу класификације и препознавања великог броја атрибута и параметара делова који су анализирани. Постојање оваквог начина класификације је омогућило инжењерима да бирају основне процесе за групе производа уз оптимизацију других параметара производње.

Генеративни системи подразумевају дефинисана правила одлучивања за планирање процеса (Yusof & Latif, 2014). У генеративним системима, информације о кретању материјала и полупроизвода аутоматски се генеришу коришћењем одговарајуће логике која представља основу за стварање ефикасног система аутоматског планирања (пројектовања) технолошких процеса.

Постављена логика омогућава да се описи производних операција, потребни алати и прибори, времена израде и трошкови, добијају из информација о производу. Информације о производу подразумевају димензије, материјал, толеранције дела и сл.

Динамички генеративни системи се развијају с намером да омогуће комплетно планирање производних процеса. Њихов развој почива на употреби вештачке интелигенције и машинског учења при чему се води рачуна о интеграцији у *CIM* окружење. Приликом пројектовања производних процеса, узима се у обзир просторно планирање производног система, капацитети производне опреме, доступност алата, обрадних центара и сл.

Излазне информације из подсистема инжењеринга производње (*Pobozniak, 2018*) се користе у осталим подсистемима производног система и омогућавају несметано одвијање активности у производњи, менаџменту квалитетом, контроли трошкова, праћењу ефикасности запослених, итд. Из наведеног се намеће закључак да овај подсистем треба да обезбеди два основна циља:

1. пројектовање технолошких процеса и дистрибуцију информација свим кореспондентним подсистемима и
2. обезбеђење идентичних информација у свим подсистемима уз ефикасан систем измена.

10.6 Управљање алатима, утицај врсте технолошког процеса на избор алата и планирање потреба алата

Алати се у пракси третирају као веома важни ресурси производног процеса (*Eversheim et al., 1993*) узимајући у обзир резултате добре праксе где је показано да у једном металопрерађивачком предузећу трошкови алата представљају око 5% укупних трошкова производње. Може се рећи да утицај алата на укупне трошкове производње зависи од врсте алата и врсте процеса производње. Уколико посматрано предузеће реализује крупносеријске

производне процесе са високим степеном понављања делова и операција, примењују се најчешће специјални алати. Узимајући у обзир наведено, сваки пропуст у организацији производног процеса и манипулацији алатима, може имати за последицу дуготрајни прекид производног процеса. То може изазвати различите трошкове које је потребно посебно анализирати.

Уколико посматрано предузеће реализује малосеријску или појединачну производњу, трошкови који настају услед пропуста у организацији производног процеса и манипулацији алатима су мањи. Објашњење је логично, имајући у виду да су серије мање док су алати претежно стандардни, тако да се проблеми у манипулацији јављају у мањем обиму.

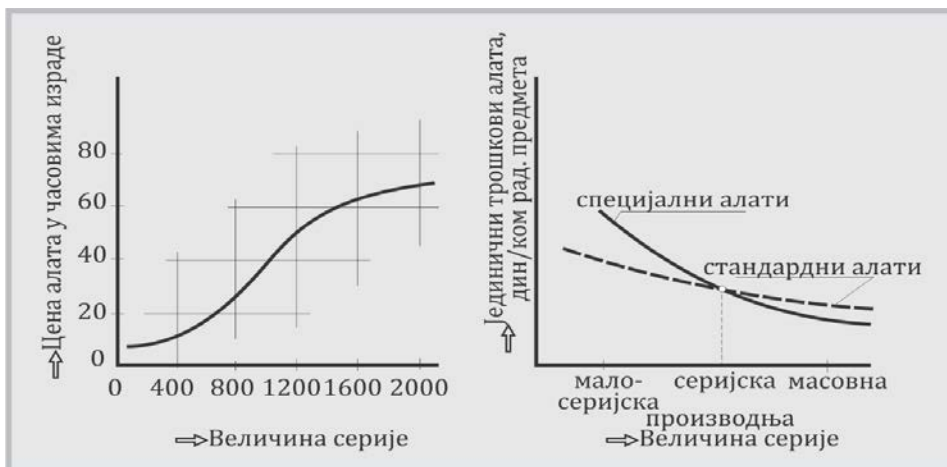
Основне карактеристике које имају утицај на управљање алатима су: техничке карактеристике, организација рада и манипулације и економика пословања алатима. Поред основних, постоје и техничке карактеристике које имају утицај на управљање алатима. То су, пре свега, квалитет конструкције, квалитет израде, техника примене, и степен заступљене унификације и стандардизације. Техника примене подразумева дефинисане режиме рада, режиме хлађења и подмазивања и начин употребе алата. Наведене карактеристике одређују постојаност алата, производност алата и дефинишу начин његове израде.

Организација рада и манипулације алатима подразумева организацију контроле искоришћења алата и надзор примене уз дефинисање активности манипулације која омогућавају најкраћи циклус замене алата у процесу експлоатације. При томе, подразумева се да су производни процес и свако радно место снабдевени на време и са довољном количином алата.

Услови организације рада се дефинишу посебно за сваку врсту алата при чему треба имати на уму да добро постављени услови организације рада позитивно утичу на техничке карактеристике алата и економске ефекте производних активности. Циљ економике пословања алатима јесте да се ангажована средства сведу на оптимум, што у пракси значи дефинисање минималног нивоа ангажованих

средстава која обезбеђују тражену снабдевеност радних места алатима.

Утицај врсте технолошког процеса на избор алата и планирање потреба алата полази од тога да се сви резни, мерни и стезни алати суштински деле на стандардне и специјалне алате. У случају потребе да се реализују велике серије (или масовна производња) производа где се технолошки процес дели на елементарне операције, конструише се специјалан алат. У овом случају постоји економска оправданост конструисања специјалног алата јер се његова цена дели са великим бројем реализованих производа тако да су јединични трошкови прихватљиви. Уколико се реализују мале серије производа, тежи се употреби универзалних и стандардних алата. На слици 10.11а) приказана је зависност цене алата од величине производне серије, док је на слици 10.11б) дата зависност јединичних трошкова алата у зависности од величине серије.



Слика 10.11 Зависност цена алата од величине серије а) и зависност јединичних трошкова алата од величине серије б) (Perovic et al., 1996)

Планирање алата зависи од врсте алата предвиђеног за обраду, као и од начина њихове потрошње (детерминистичко или стохастичко понашање потрошње у односу на карактеристике алата). Методе планирања алата које се користе у пракси могу бити аналитичке и статистичке.

Питања за обнављање градива

1. Шта је основни задатак инжењеринга процеса производње?
2. Скицирати и објаснити општи модел производње према структури производа А.
3. Објаснити појам серијности процеса.
4. Шта чини структуру *CNC* обрадног центра?
5. Објаснити појам продуктивности производних процеса.
6. Какви процеси могу бити у односу на просторно планирање производних система? Навести примере.
7. Шта су принципи типске и групне технологије?
8. Објаснити појмове концентрације и диференцијације операција.
9. Који су основни кораци у планирању производних процеса?
10. Објаснити принципе планирања производње и утицај на конкурентност предузећа.
11. Објаснити ток развоја од мануелне класификације до рачунаром подржаног планирања производних процеса (*CAPP*).
12. Какав је утицај врсте технолошког процеса на избор алата и планирање потреба алата?

Литература

1. COSMETATOS, G. P.; EILON, Samuel. Effects of productivity definition and measurement on performance evaluation. *European Journal of Operational Research*, 1983, 14.1: 31-35.
2. DE TONI, Alberto; PANIZZOLO, Roberto. Repetitive and intermittent manufacturing: comparison of characteristics. *Integrated manufacturing systems*, 1992.
3. ERASMUS, Jonnro, et al. Using business process models for the specification of manufacturing operations. *Computers in Industry*, 2020, 123: 103297.
4. EVERSHEIM, W., et al. Tool management: the present and the future. *CIRP annals*, 1991, 40.2: 631-639.
5. GRABOWIK, C.; KALINOWSKI, K.; MONICA, Z. Integration of the CAD/CAPP/PPC systems. *Journal of Materials Processing Technology*, 2005, 164: 1358-1368.
6. POBOZNIAK, Janusz. Interacting manufacturing features in CAPP systems. In: *Advances in Manufacturing*. Springer, Cham, 2018. p. 249-258.
7. STEVENSON, William J. *Operations management*. 13th ed. McGraw-Hill Education, 2017, ISBN-13: 978-1259667473, ISBN-10: 1259667472.
8. SWIFT, Ken G.; BOOKER, Julian D. *Process selection: from design to manufacture*. Elsevier, 2003.
9. VICHARE, Parag, et al. A Unified Manufacturing Resource Model for representing CNC machining systems. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 2009, 25.6: 999-1007.
10. YUSOF, Yusri; LATIF, Kamran. Survey on computer-aided process planning. *The international journal of advanced manufacturing technology*, 2014, 75.1-4: 77-89.

Поглавље 11.

МЕНАЏМЕНТ ПРОЦЕСИМА ПРОИЗВОДЊЕ И СКЛАПАЊА ПРОИЗВОДА

Циљеви	Структура поглавља
После читања овог поглавља бићете оспособљени да:	
1. Објасните основе функционисања Just - In - Time и Lean концепта	11.1 <i>Just - In - Time</i> и <i>Lean</i> концепт
2. Објасните како функционише компјутером интегрисана производња (СІМ концепт)	11.2 Компјутером интегрисана производња (СІМ концепт)
3. Разумете начин организовања агилних тимова и агилне производње	11.3 Агилна производња
4. Опишете процесе склапања и финалне монтаже у производним системима	11.4 Управљање процесима склапања и финалне монтаже

Менаџмент процесима производње обухвата активности којима се остварују дефинисани циљеви. Ти циљеви се могу разликовати од предузећа до предузећа, а често подразумевају:

- остваривање задатих термина испоруке које захтева крајњи купац,
- оптимизација искоришћења капацитета,
- смањење трошкова и међуфазних залиха,
- скраћење времена трајања циклуса производње и сл.

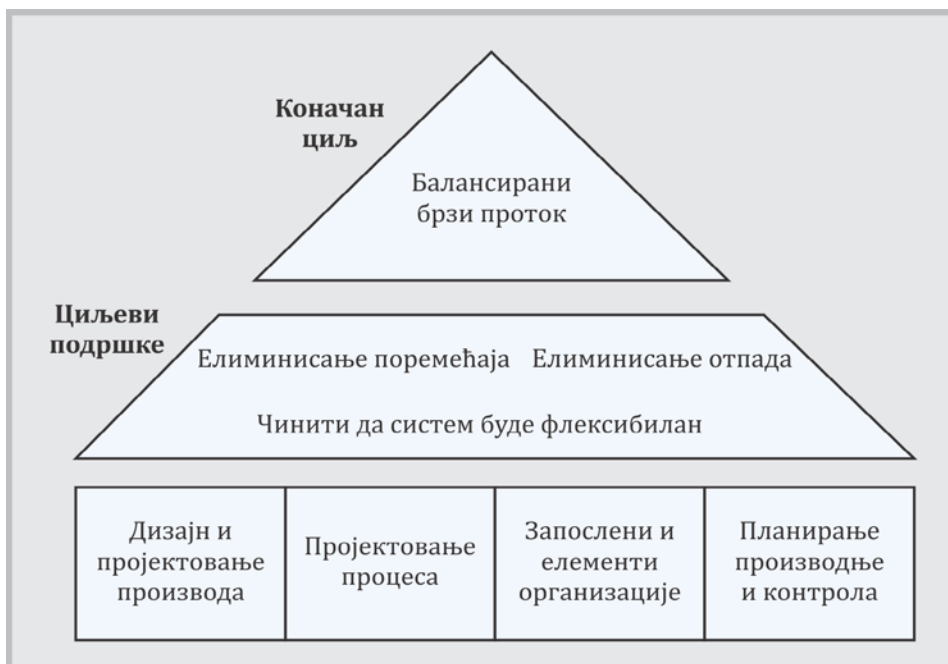
Након инжењеринга производње, уз управљање алатима, одвија се процес производње и склапања и монтаже производа. Анализом активности у производном систему може се установити да већина производних система данас тежи неком савременом концепту производње као што су производња светске класе, агилно пословање, *lean* производња, компјутером интегрисана производња (енгл. *CIM*) и сл.

11.1 *Just - In - Time* и *Lean* концепт

Упоредо са подизањем захтева квалитета и увођењем трендова глобализације, производни системи су били изложени променама у начину функционисања. Један од светских лидера у аутоиндустрији је унапредио сопствени начин производње (енгл. *Toyota Production System - TPS*) и настао је *Lean* концепт (*Womack et al., 2017*). Начин функционисања *Lean* концепта изазвао је глобалну трансформацију производних операција широм света па су многи ланци снабдевања почели да функционишу на овај начин последњих деценија (*Мачужић и Ђапан, 2016*). Једна од основних разлика у односу на стање пре унапређења *TPS-a* јесте да се у *Lean* концепту проблеми решавају на местима на којима настају (решавање корена проблема) тако да на овај начин запослени бивају потпуно укључени у њихово решавање. Употреба овог концепта у индустрији означава елиминацију свих непотребних активности при чему се као последица јавља смањење времена, људског напора, кретања, итд. Основна идеја јесте да се скрати време које протекне од наруџбине купца до испоруке готовог

производа, елиминишући све изворе расипања (губитака) у производном процесу слика.

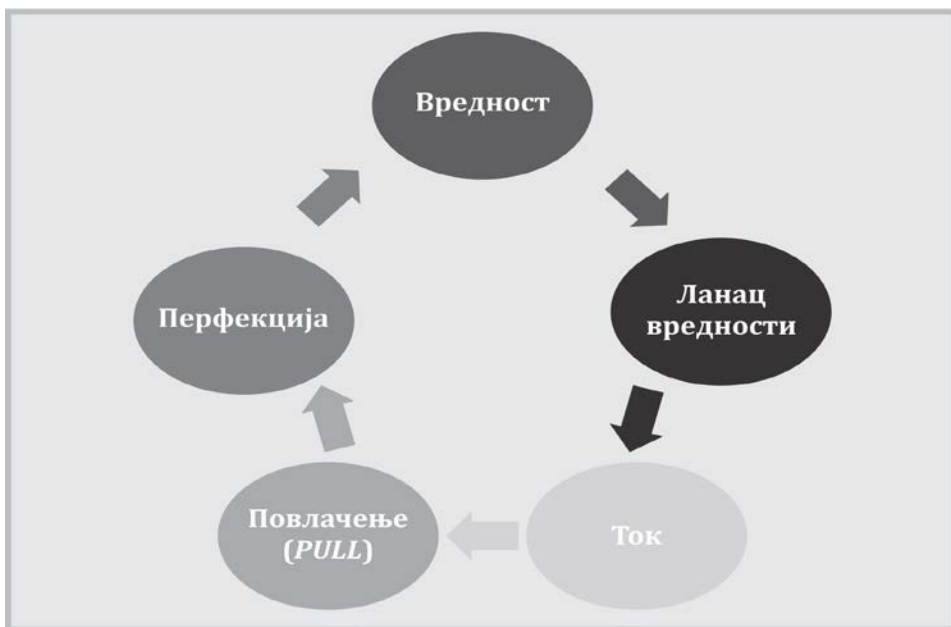
Lean концепт подразумева да се пажња усмери на цео процес стварања вредности у производном систему тако да систем буде флексибилан и у стању да одговори на захтеве клијената у најкраћем року, без стварања застоја у производњи (слика 11.1).



Слика 11.1 Елементи (стубови) на којима је заснован *Lean* систем (Vollmann et al., 2005)

Као коначан циљ функционисања *Lean* производње, може се поставити постизање потпуног склада између тражње која потиче од тржишта и производње коју испоручује производни систем предузећа. Први елемент *Lean* система представља пројектовање производа. Ове активности треба да се заснивају на уградњи стандардних делова и модуларном дизајну, при чему је дефинисан висок ниво квалитета и активности се спровode у складу са принципима конкурентног инжењерства. Други елемент *Lean* система представља пројектовање процеса које треба да тежи мањим серијама где се истовремено тежи и редукацији припремног времена. Пожељна је производња коришћењем

производних ћелија уз флексибилне аутоматизоване системе. Уз то, постоји тежња да се функционише са минималним потребним нивоом залиха како се не би генерисали губици, при чему се активности одвијају на што мањем простору са што мање трансакција. У производном систему је потребно елиминисати све губитке који настају током извршења процеса, с тим што не постоји коначан циљ код елиминисања губитака, већ тежња да предузме и сви процеси у њему буду бољи и ефикаснији (Мачужић и Ђапан, 2016). Трећи елемент *Lean* система представља запослене и елементе организације који подразумевају рад обучених оператера за више позиција који могу да унапређују квалитет процеса и производа док истовремено воде рачуна о елиминацији непотребних активности и смањењу трошкова. Четврти елемент *Lean* система представља планирање производње и контрола који треба да почивају на *pull* системима, визуелним алатима, блиским контактима са добављачима и превентивном и проактивном одржавању. На овај начин се омогућава функционисање добро избалансираног производног система уз придржавање принципа *Lean* производње који су представљени на слици 2.2.



Слика 11.2 Пет основних принципа *Lean*-а

У *Lean* концепту вредност је искључиво дефинисана од стране купца. Она се односи на оно што купац у одређеном производу вреднује и за шта је спреман да плати.

Одређивање тока вредности (енгл. *Mapping the value stream*) за одређену врсту производа означава оне активности које додају вредност и неопходне су да би се коначан производ испоручио купцу. Одређивање тока вредности почиње од захтева купца за производом а завршава се испоруком, при чему се добија реална слика процеса са информацијама у вези са токовима производа, потребним временом, информацијама и губицима.

Стварање тока вредности (енгл. *Create flow*) се односи на активности стварања и анализе кретања производа кроз све процесе без заустављања. Анализа се односи на решавање проблема уских грла и места где се не додаје вредност производа.

Повлачење производа кроз целу производњу (енгл. *Establish pull*) подразумева да активности набавке и планирања производње почињу у тренутку када купац поручи производ, што подразумева велику флексибилност производног система.

Тежња ка савршенству (енгл. *Seek perfection*) подразумева континуална унапређења и стремљење ка усавршавању. Производни систем треба да тежи да елиминацији свих губитака и постизању континуалног тока.

Имплементација свих принципа *Lean* концепта подразумева примену великог броја алата, техника и метода за унапређење пословања уз истовремену адаптацију захтевима производње и корпоративне културе. Веома заступљене методе, технике и алати који се примењују у *Lean* концепту су *Kanban* - систем управљања заснован на сигнаlima, *Kaizen* - Континуална унапређења, *Heijunka* - Нивелација радног оптерећења, *Jidoka* - Квалитет на извору, *Muda* - смањење/елиминација свих врста расипања (губитака).

Just - In - Time концепт је развијен у Јапану за потребе серијске производње. У нашим условима се овај назив често преводи као производња "тачно на време", тј. производња одређеног броја јединица производа у одређеном времену усклађеном са планом

производње. То у пракси значи да се не производи ни један производ више или мање од планираног, а појава већег или мањег броја производа од планираног представља нежељени догађај. Потрошња ресурса која се јавља изнад предвиђене количине (која је дефинисана планом производње) има третман губитка, јер оно што се при томе потроши не може се одмах реализовати (у сопственој производњи или на тржишту). Управо из наведених разлога се овај концепт у америчкој литератури назива "Just- In - Case", односно "управо - у - случају" планиране производње. *JIT* концепт суштински представља један од основних алата *Lean* производње. Додатна вредност у процесу производње односи се на основне процесе (обрада, склапање и монтажа, итд.), док су чекање и сродне активности додатни извори трошкова. Активности које не доприносе стварању додатне вредности третирају се као губитак. У *JIT* концепту постоји тежња да један део тих активности треба минимизирати, а други елиминисати да би се смањио губитак (слика 11.3).



Слика 11.3 Начин организовања производње применом *Kanban*-а (factsanddetails.com)

JIT концепт подразумева равномерно оптерећење ресурса на дан, на основу годишњих и месечних планова, примену групне технологије, примену тоталног управљања квалитетом минимизирање времена припреме сваке машине и *Kanban*. *Kanban* (на јапанском језику значи картица) је систем управљања производњом, који укључује саморегулационо формирање и управљање производњом без папира.

Овај систем суштински подразумева усмеравање производње "повлачењем" (енгл. *pull*) активности уназад, тј. почев од плана монтаже (главног плана производње). На овај начин се управља токовима материјала са следећим карактеристикама:

1. Управљање производњом генерише план производње за потребе финалне монтаже.
2. Финална монтажа генерише план груписања предмета у мале количине, који ће се обрађивати на радним центрима у временским терминима које диктира финална монтажа.
3. План груписања предмета у мале количине служи као основа за добијање термин плана радних центара.
4. Да би остварили свој план рада центри се ангажују на принципима групне технологије.

Имајући у виду да финална монтажа генерише план груписања предмета у мале количине, који ће се обрађивати на радним центрима применом *Kanban*-а, може се закључити да је на овај начин омогућена примена *JIT* концепта без коришћења радних налога. У изворном *Toyota Production System*-у, дефинисане две *Kanban* картице налепљене на стандардне палете и то за транспорт и производњу. *Kanban* се користи само код репетитивне производње. У случају већег броја компонената и нерегуларне производње исти се не примењује.

Основни принципи *JIT* концепта су континуалност, синхронизација и једноставност, при чему овај концепт садржи следеће компоненте:

1. Организациону структуру,
2. Квалитет,
3. Упростићену и синхронизовану производњу,
4. Токове оријентисане према процесу,

5. Савремене технологије за подршку остварењу циљева,
6. Унапређење метода развоја,
7. Подршку пословним функцијама и
8. Укључивање запослених.

Организациона структура *JIT* обухвата креирање програма, анализу могућности остваривања програма, развој и планирање пилот *JIT* система. Поред тога, организациона структура обухвата и примену *JIT* система, планирање и коришћење потребне опреме, програм сталног унапређења *JIT* концепта и програм укључивања запослених.

Квалитет је укључен у *JIT* у оквиру тоталне контроле квалитета (енгл. *Total Quality Control*).

Упрошћена и синхронизована производња је предуслов за примену *JIT*, при чему се синхронизација спроводи на основу поставки групних технологија.

Токови оријентисани према процесу су резултат оптимизације путања делова, распореда опреме и времена трајања циклуса, при чему се упрошћавање токова се врши на принципима групне технологије.

Подршку *JIT* концепту пружају многе савремене технологије, првенствено информационе и комуникационе технологије. Ово је јако значајно имајући у виду развој технологија на којима почива Индустрија 4.0.

Унапређење метода развоја се може остварити применом различитих метода као што је анализа вредности (енгл. *Value Analysis*), инжењеринг вредности (енгл. *Value Engineering*) и сл.

JIT служи и као подршка пословним функцијама нарочито у домену планирања и управљања производњом и управљања залихама.

Укључивање запослених (енгл. *Employee Involvement*) представља основу за успешну имплементацију *JIT* концепта, јер све активности које се спроводе у производном систему директно или индиректно зависе од запослених.

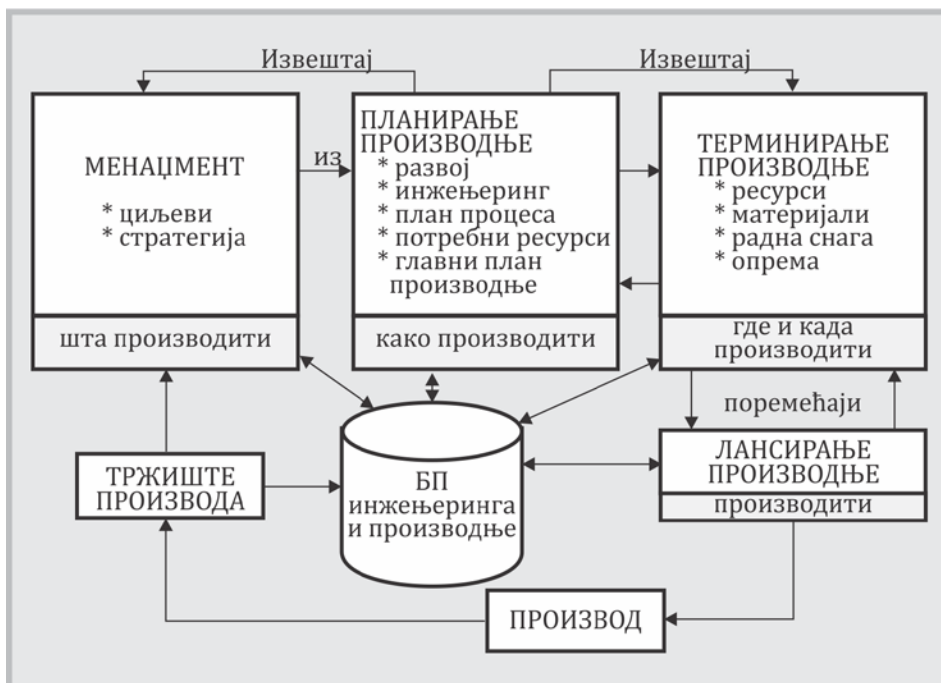
11.2 Компјутером интегрисана производња (СІМ концепт)

Компјутером интегрисана производња (енгл. *Computer Integrated Manufacturing - CIM*) почива на симулационим техникама, експертним системима (енгл. *Expert Systems - ES*) и системима за подршку одлучивању (енгл. *Decision Support Systems - DSS*). Компјутером интегрисана производња подразумева такав приступ где се помоћу рачунара контролише читав процес производње (*Kalpakjian and Schmid, 2006*). Овакав начин интеграције омогућава размену информација између различитих потпроцеса и иницијацију активности. У сваком случају, интеграција рачунара омогућава бржу производњу уз мање грешака, али је главна предност овог начина производње то што омогућава аутоматизацију производног процеса. У општем случају, компјутером интегрисана производња се ослања на затворене контролне процесе, при чему се информације добијају помоћу сензора у реалном времену. Уколико се овај концепт посматра системски, може се рећи да почива на активностима планирања, управљања и мерења, тј. прикупљања података.

Уколико поседује одговарајућу опрему и знања запослених, производни систем може да организује производњу у СІМ концепту (слика 11.4). У сваком сегменту СІМ система могуће је применити **симулационе технике** (*Peruzzini et al., 2019*). На пример, да би се одредила оптимална стратегија управљања могуће је извршити симулацију постизања пословних циљева. Исто важи за одређивање портфолиа производње, планирање производње и ангажовање пословних ресурса.

Важно је узети у обзир и дејство различитих поремећаја на пословање, тако да се симулационе технике могу применити и на анализу рада система током и након дејства поремећаја. Најзначајнији објекти симулације у производном систему, према искуству добре праксе, су оне активности чији су излазни резултати релативно лако мерљиви и изражени су квантитативним и квалитативним индикаторима. Ефикасна примена рачунара у СІМ системима подразумева интеграцију одређених експертних знања, тј. примену

експертних система. За функционисање *ES* неопходна је интеграција свих знања у производном систему кроз одговарајуће базе података, при чему се претраживање знања и доношење одлука врши преко одговарајућег механизма за закључивање.



Слика 11.4 Управљање и организовање производње у *CIM* концепту (Perović et al., 1996)

При управљању у производним системима који функционишу у *CIM* концепту, често се доноси велики број пословних одлука које могу довести менаџмент у “трку с временом”. Из тог разлога и у циљу повећања ефикасности пословања, развијају се и користе експертни системи који служе као подршка у одлучивању (енгл. *Decision Support Systems – DSS* системи).

За сваки подсистем *CIM* система, може се применити адекватан *DSS*, па се тако на овај начин могу доносити одлуке везане за избор оптималне стратегије, избор добављача, оптимизацију тока материјала и сл.

Аутоматско идентификовање и аквизиција података у производним система

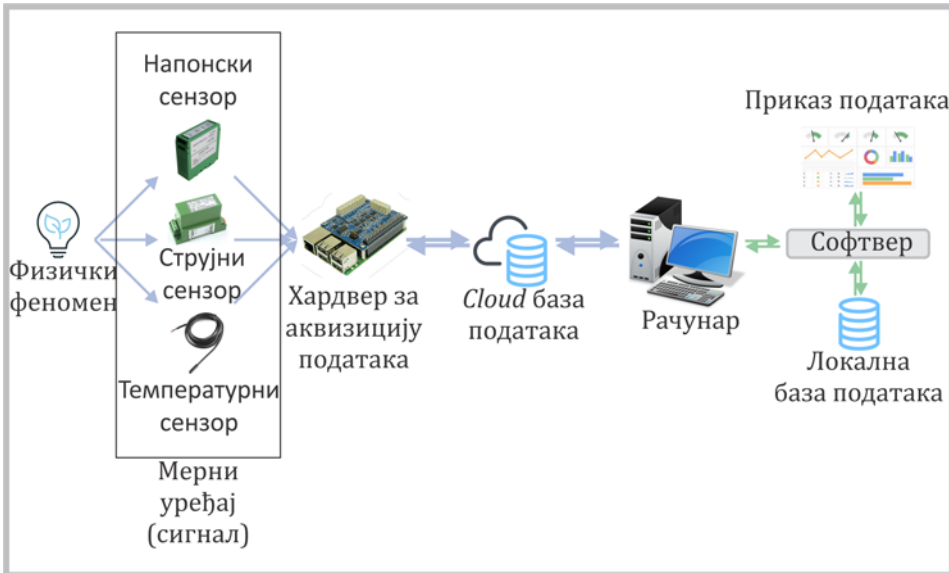
Битна компонента актуелног *CIM* концепта, као и актуелног приступа Индустрије 4.0 у производним предузећима, јесте систем за Аутоматску идентификацију и прикупљање података (енгл. *Automatic Identification and Data Capture - AIDC*). *AIDC* систем обезбеђује прецизне и тачне информације на основу који производна предузећа могу обезбедити несметано функционисање производње, као и виши квалитет услуга и производа. Од имплементираног *AIDC* система и његове поузданости у многоне зависи подсистем интерне логистике и логистике изван предузећа.

Системи за аквизицију података (енгл. *Data Acquisition Systems - DAS*) су системи дизајнирани за мерење и праћење природних феномена у неком физичком систему и претварање добијених података о појавама у облик који се може прегледати и манипулисати помоћу рачунара.

DAS се сада користе у многим областима, од индустријске производње до научних експеримената, а врста коришћеног система је различита у зависности од сваке примене.

Генерално, типови *DAS*-а могу се рашчланити на четири компоненте – мерни уређаји који се користе за прикупљање података из физичких система, хардвер са одговарајућим струјним колима, која се користе за пренос тих података у *cloud* базу података (*A/D* конверзија), *cloud* базе података за складиштење података и рачунарског система на коме се могу прегледати и анализирати, помоћу одговарајућег софтвера. Улога софтвера је обично и да графички прикаже промене мерене физичке величине у реалном времену и да омогуће неопходне прорачуне. На слици 11.5 су приказане компоненте *DAS* система.

Дизајн било којег *DAS*-а мора почети са физичким системом и припадајућим феноменима који се посматрају. На почетку *DAS* система налазе се сензори. У општем смислу, сензори се могу дефинисати као уређаји који измерене вредности физичких величина посматраних физичких појава (феномена) претварају у електричне сигнале.



Слика 11.5 Систем за аквизицију података (преузето и модификовано са веб странице: <https://daqifi.com/blog/types-of-data-acquisition-systems/>)

Са распоном сензора који су данас доступни, могуће је измерити готово свако физичко својство система који корисника занима. Стога се мора пажљиво размотрити тачна врста података коју треба прикупити. Примери уобичајених феномена који се мере DAS-ом су температура, интензитет светлости, притисак гаса, проток течности и сила. Могуће је пратити температуру индустријског штампача, али је потребно размислити да ли су ове информације заиста потребне.

За сваку променљиву коју треба мерити постоји одређени тип сензора. Сензори су, у том смислу, суштински претварачи, који физичку енергију претварају у електричну. На пример, сензор притиска ће се активирати услед дејства притиска који мери и то дејство ће пренети као информацију у виду електричног сигнала ка DAS систему.

Важно је имати у виду да није могуће измерити сваку променљиву без додатног утицаја сензора на сам систем. То је зато што ће сваки сензор који се користи за мерење феномена у одређеном физичком систему уклањати енергију из њега. Ово је посебно важно

ако систем у којем се величине мере ради под малим толеранцијама, јер додавање сензора овим системима може утрошити превише енергије, што ће угрозити њихов ефикасан рад. Према томе, иако постоји вероватно доступан сензор за мерење готово било којег аспекта система, није увек потребно измерити сваку променљиву. Уместо тога, потребно је добро размислити о подацима који су вам заиста потребни и користите најмањи број сензора који ће то постићи.

Значајно место у поступку обраде измерених сигнала има процес A/D конверзије, помоћу којег је омогућено да се измерени сигнал преведе у облик који је разумљив рачунару (Слика 11.6).



Слика 11.6 A/D конвертер (преузето са веб странице: <https://components101.com/articles/analog-to-digital-adc-converters>)

A/D конвертер приказан на слици 11.7 се користи за аутоматско мерење и контролу физичких величина, приказивање измерених вредности и извршавање неопходних калкулација.

Ефикасно и приступачно праћење кретања производа кроз технолошки систем и аутоматско прикупљање информација може се извршити применом бар кодова. Бар кодови се могу, пре свега, употребити за контролу и верификацију радних циклуса на производним линијама. За читавање вредности са бар код налепница потребно је употребити одговарајући уређај за скенирање, тј. скенер. За скенере који читавају вредности са бар код налепница је битно да омогућавају прикупљање података које је аутоматизовано.

За бар код технологију дефинисан је већи број бар кодова који су и данас у употреби, и то једнодимензионални: *UPC code, EAN code, Code 39, Code 128, Code 93, ITF, CODABAR, GS1 DATABAR*; и дводимензионални (који могу садржати више информација): *QR code, DATAMATRIX code, PDF417, AZTEC*, итд. Приликом одабира бар кодова потребно је водити рачуна у ком делу производног система ће се користити, о количини података коју треба чувати помоћу бар кодова, и о простору и материјалу који је доступан за штампање кодова.

Данас се све чешће у употреби могу наћи дводимензионални бар кодови. Помоћу ових бар кодова подаци су систематски представљени помоћу дводимензионалних симбола и облика. Слични су линеарном бар кодовима, али могу да представљају више података по јединици површине. Још једна кључна предност дводимензионалних бар кодова су њихове формуле за заштиту од оштећења. Ови кодови дизајнирани су тако да податке сачувају и скенирају, чак и након њиховог уклањања, гребања и услед других оштећења. Ова карактеристика омогућава дводимензионалним бар кодовима да се лако прилагоде интензивним поступцима скенирања у брзом темпу.

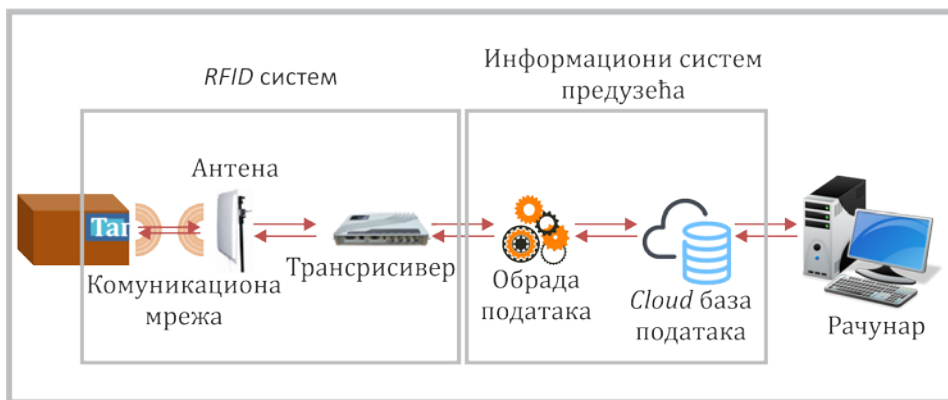
RFID технологија

Радиофреквенцијска идентификација (енгл. *Radio Frequency Identification - RFID*) је аутоматска метода идентификације помоћу радио таласа, што значи бежичним путем. Технологија се ослања на чување и преузимање података на даљину помоћу уређаја који се називају *RFID* тагови. *RFID* таг је објект који се може повезати са или уградити у производ у сврху идентификације. Подаци из *RFID* тага преносе се помоћу радио таласа. Неке врсте тагова могу се читати са удаљености од неколико метара. Већина *RFID* тагова садржи интегрисано коло за складиштење и обраду података, модулацију и демодулацију сигнала и других специјализованих функција. За разлику од бар кодова који са собом не преносе податке за једнозначну идентификацију одређеног производа, *RFID* има могућност да пренесе серијске бројеве за једнозначну идентификацију сваког производа појединачно. Тагови се обично користе у ланцима снабдевања ради ефикаснијег праћења и управљања залихама. Дакле,

испоручилац може користити *RFID* тагове за велике испоруке или пошиљке. Они се аутоматски читавају на више пунктова и ажурирају систем за праћење налога.

Тагови се могу поделити на више начина, пре свега на основу могућности обраде података, могу се поделити на активне и пасивне. Пасивни тагови се користе само за читање података, док се активни тагови, који поседују сопствену меморију, користе за читање и измену података. На основу физичке реализације, тагови се могу поделити на транспондере, *RFID* плочице и „паметне“ налепнице. *RFID* тагови се могу поставити на различита места, најчешће се могу наћи на амбалажи, палетама, производима и сл.

Поред *RFID* тагова, систем за употребу *RFID* технологије мора садржати и додатне две компоненте: антену и трансрисивер (предајник и пријемник са декодером). Подаци прикупљени помоћу *RFID* система се прослеђују рачунару и ту се обрађују. Обрада података је у складу да наменом *RFID* система. Постоје различити начини имплементације *RFID* система, тако да се јављају фиксни или мобилни системи како би се најбоље прилагодили специфичним активностима за које су намењени (Слика 11.7).



Слика 11.7 Архитектура *RFID* система (Karygiannis et al., 2007)

У употреби су ниско-фреквентни и високо-фреквентни *RFID* системи. Употреба *RFID* система у складу са концептом Индустрије 4.0 је широка и укључује следеће (Elbasani et al., 2020):

- Планирање производње – *RFID* тагови се могу кретати заједно са материјалом, док се читачи тагова могу поставити на одређеним локацијама и бележити пролазак производа. На основу ових података, у *ERP* и *MES* системима могу се добити детаљне информације о току материјала. Те информације се могу искористити за могуће модификације у токовима ланаца снабдевања и динамичког планирања производње.
- Праћење потрошње алата и рекламације производа – Систем се може употребити за праћење потрошње скупих алата и опреме у производним системима. Тако да се може пратити потреба за оштрењем алата или његовом заменом. Додатно, приликом рекламације производа, уколико се користе *RFID* тагови, могу се добити све информације о склапању производа и употребљеном материјалу. У производним предузећима је тада лакше утврдити проблем и повући производ из производње, уколико је то могуће.
- Праћење транспорта и логистике – Праћење кретања транспортних средстава (контејнера и складишних возила) помоћу *RFID* система пружа увид у информације о транспорту и логистици.
- Управљање људским ресурсима - *RFID* системи могу бити употребљени за унапређење флексибилности. Радници могу користити идентификационе картице са *RFID* таговима, како би потврдили своје присуство на радном месту или на одређеној локацији. На тај начин се може обезбедити да права особа увек буде на правом месту. Сходно наведеном, могу се пратити перформансе радника, извршење радних задатака и чувати значајне информације о самим радницима.

Употреба *RFID* технологија је све шира у производној индустрији, поготово ако се у обзир узму савремени трендови управљања стварима преко Интернета (енгл. *Internet of Things - IoT*) и Индустрије 4.0. Такође, важно је нагласити значај бесконтактне размене информација у условима непредвиђених околности, као што је био случај током појаве пандемије 2020. год. Ова технологија поред индустријске употребе може имати велику улогу и другим

привредним активностима и нормалном функционисању економских и друштвених система.

11.3 Агилна производња

Један од присутних концепата у индустрији је агилна производња (*Gunasekaran et al., 2018*), односно агилни производни системи који обухватају *CAD/CAM/CAQ/PPC*, информационе системе, флексибилне технолошке системе су конкурентно инжењерство, реверзибилни инжењеринг, реинжењеринг, *Just-in-Time, zero defect*, и друге. На тај начин дошло се до парадигме - агилности, која је више од флексибилности као пасивне карактеристике система. То је проактивна карактеристика система која, ослушкујући тржиште, омогућава брзи одговор на постојеће и будуће захтеве купаца.

Из претходног се може закључити да агилност представља нову вредност производног система, састављену из више компоненти. Због тога је анализа агилности постојећих производних система полаз за њихово унапређење и тиме, повећање конкурентности.

Ако се пође од парадигме агилности, стање развоја агилних производних система мора се посматрати у четири области:

1. Остваривање захтева купаца, што подразумева да се интерно формира такав производни процес који ће остварити вредност за купца и организацију. Из овога следи да се мора обезбедити висок квалитет и продуктивност.
2. Формирање виртуалних организација ради бржег, ефективног и ефикасног задовољења захтева купаца, што указује на остваривање високог квалитета, продуктивности и флексибилности.
3. Остваривање адаптивне организације и климе и културе који омогућавају брзу адаптацију на нове захтеве купаца уз укључивање запослених и повећање њихове мотивације и задовољства на раду, што указује на остваривање високог квалитета, продуктивности и флексибилности.

4. Повећање значаја информација и људског фактора, који су диференцијатори агилности у односу на "класичне" производне системе. Велики значај у остваривању информационих токова има технологија, како информациона, тако и производна. У овој области агилност се обезбеђује повећањем нивоа аутоматизације производње и информационих система, нивоа знања и вештина запослених и подстицање мотивације итд.

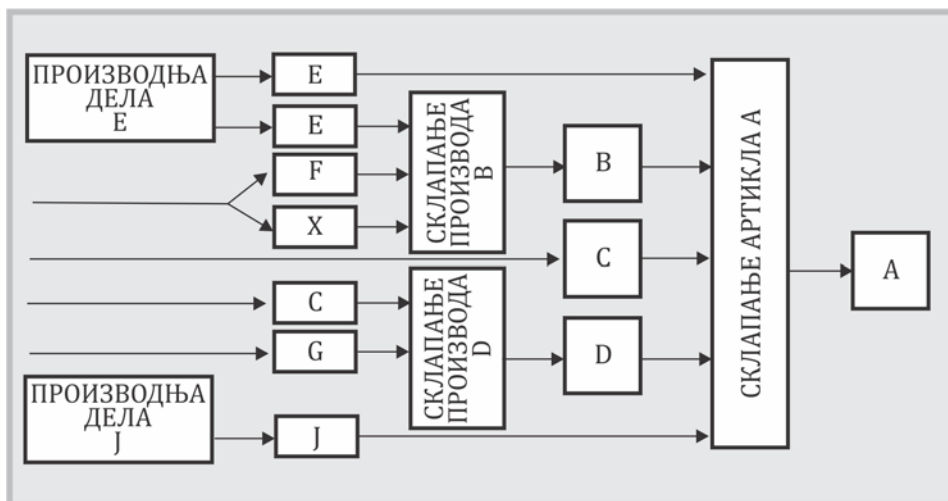
У свакој од 4 наведене области организације покушавају да повећају ниво агилности. При томе се зависно од тржишних услова, постојеће структуре, циљева и расположивих ресурса одговор тражи на доле наведеним решењима или њиховој комбинацији:

- пројектовање производа (*CAD/CAM/CAE*),
- пројектовање производње и производа (флексибилни технолошки системи, *lean production*)
- примена индустријских робота, аутоматизованих транспортних и складишних система,
- квалитета подржаног информационим технологијама (*CAQ*),
- планирања и управљања производњом (*PPC*) које обухвата *MRP, Just-in-Time* и друге концепте,
- реинжењеринг производних система и формирање виртуелних организација,
- информациони системи (*MIS, ETS, DSS, ES*) на основама информационог инжењеринга (објектни приступ, *CASE* алати, итд.).

На основу литературних извора и студија случаја може се закључити да су горе наведена решења достигла фазу зрелости, па пројектовање и менаџмент производних система, посебно агилних, захтева интердисциплинаран знања, стратегијско промишљање и креативна решења за постојеће и будуће потребе корисника.

11.4 Управљање процесима склапања и финалне монтаже

Независно од тога који тип производног процеса се реализује у производном систему, склапање представља последњу етапу израде производа сложене структуре. У подсистему склапања и монтаже одвија се истоимени процес, који се реализује у онолико етапа колико нивоа уградње поседује сложени производ. У зависности од сложености структуре производа, начина добијања делова, количина које се производе и организације технолошког процеса склапања, зависи и временско укључивање делова у процес склапања. Операције склапања производа се могу изводити ручно, аутоматски или комбинацијом рада запослених и машина. Уколико се врши ручно склапања производа, оператер може да се адаптира на промене као што су величина серије, промена структуре производа и сл. Као пример где се може приказати склапање производа, може се анализирати производ А и његова структура (слика 11.8).



Слика 11.8 Склапање артикла А (Perović et al., 1996)

Посматрани процес се реализује у две етапе: склапање склопова В и D и склапање артикла А. У наведеном случају, пре склапања склопова постоји фаза склапања подсклопова. Склапање се може

реализовати у основи на два начина, што подразумева (1) склапање у недељиве спојеве заваривањем, лемљењем, лепљењем или закивањем, и (2) механичко склапање раздвојивим везама у подсклопове и склопове које је могуће раздвојити обрнутим редоследом прописаних активности. Поред наведених, некад је потребно спровести и допунске операције као што су бушење, резање навоја и сл.

Технолошки процес склапања и финалне монтаже одвија се према дефинисаним операцијама за које је претходно дефинисан план и програм производње (за дефинисани временски период). Поред тога, потребно је да буде дефинисана и техничка документација делова, подсклопова и склопова, схеме склапања свих делова који улазе у склопове, време потребно да се изврше све активности склапања, као и подаци о приборима и алатима потребним за извршење склапања (Crowson, R. ed., 2006). За технолошки процес склапања и финалне монтаже дефинише и изглед радног места који узима у обзир (Perović et al., 1996)

- техничке услове,
- податке о обради,
- нормативне стандарде и
- помоћне приборе, аутомате и др.

Основни део технолошког процеса склапања и финалне монтаже јесу технолошке операције, које се могу рашчланити на подоперације уградње позиција и захвате. У великом броју случајева може се уочити тежња менаџмента да аутоматизује процесе склапања. То се првенствено јавља због постизања сталног нивоа квалитета, смањења јединичних трошкова, смањења могућности да дође до повреде оператера и повећања капацитета (Crowson, R. ed., 2006). Начин реализације аутоматизоване монтаже подразумева већи број операција и подоперација које су концентрисане у посебне операције које се реализују у системима стационарне монтаже.

Када се врши пројектовање поступка проточне монтаже са диференцираним узастопно постављеним операцијама, потребно је водити рачуна да претходно реализоване операције не отежавају извођење онима које следе, да време трајања сваке операције буде мање или једнако времену такта монтаже и сл.

Питања за обнављање градива

1. Који су циљеви процеса производње?
2. Објаснити елементе на којима је заснован *Lean* систем.
3. Како функционише *Just - In - Time* концепт?
4. Објаснити како функционише *CIM* концепт.
5. Анализирати како функционише агилни развој у производним системима.
6. Објаснити начин организовања производње применом *Kanban*-а.
7. Објаснити улогу аутоматског идентификовања и аквизиције података у производним система.
8. Представити архитектуру *RFID* система.
9. Анализирати управљање процесима склапања и финалне монтаже на конкретном примеру.

Литература

1. ARSOVSKI, Slavko, *Nauka o kvalitetu*, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Kragujevac, 2016, ISBN: 978-86-6335-021-2.
2. CROWSON, Richard (ed.). *Assembly processes: finishing, packaging, and automation*. CRC Press, 2006.
3. FACT AND DETAILS, Toyota productivity and workers: Just in Time production, Kaizen, Jidoka, Unhappy workers and plants abroad, website:
<http://factsanddetails.com/japan/cat23/sub184/item927.html>
4. GUNASEKARAN, Angappa, et al. Agile manufacturing practices: the role of big data and business analytics with multiple case studies. *International Journal of Production Research*, 2018, 56.1-2: 385-397.
5. KALPAKJIAN, Serope, et al. *Manufacturing, Engineering and Technology SI 6th Edition-Serope Kalpakjian and Stephen Schmid: Manufacturing, Engineering and Technology*. Digital Designs, 2006.
6. LEFFINGWELL, Dean. *Agile software requirements: lean requirements practices for teams, programs, and the enterprise*. Addison-Wesley Professional, 2010, ISBN 0321685407, 9780321685407.
7. PEROVIĆ, Milan, ARSOVSKI, Slavko, ARSOVSKI, Zora, *Proizvodni sistemi*. Mašinski fakultet u Kragujevcu, Kragujevac, 1996.
8. PERUZZINI, Margherita; PELLICCIARI, Marcello; GADALETA, Michele. A comparative study on computer-integrated set-ups to design human-centred manufacturing systems. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 2019, 55: 265-278.
9. VOLLMANN, Thomas E. *Manufacturing planning and control for supply chain management*. 2005.
10. WOMACK, James P.; JONES, Daniel T.; ROOS, Daniel. *The machine that changed the world: The story of lean production--Toyota's secret weapon in the global car wars that is now revolutionizing world industry*. Simon and Schuster, 2007, ISBN 1416554521, 9781416554523.

Поглавље 12.

МЕНАЏМЕНТ КВАЛИТЕТОМ

Циљеви	Структура поглавља
После читања овог поглавља бићете оспособљени да:	
1. Објасните сложени појам квалитета	12.1 Дефинисање појма квалитета и еволуција квалитета у производним системима
2. Објасните историјски развој квалитета	12.2 Улога квалитета у производним системима
3. Објасните улогу квалитета у производним системима	12.3 Менаџмент квалитетом у производним системима
4. Објасните улогу квалитета у пословним процесима	12.4 Управљање квалитетом у процесима производних предузећа

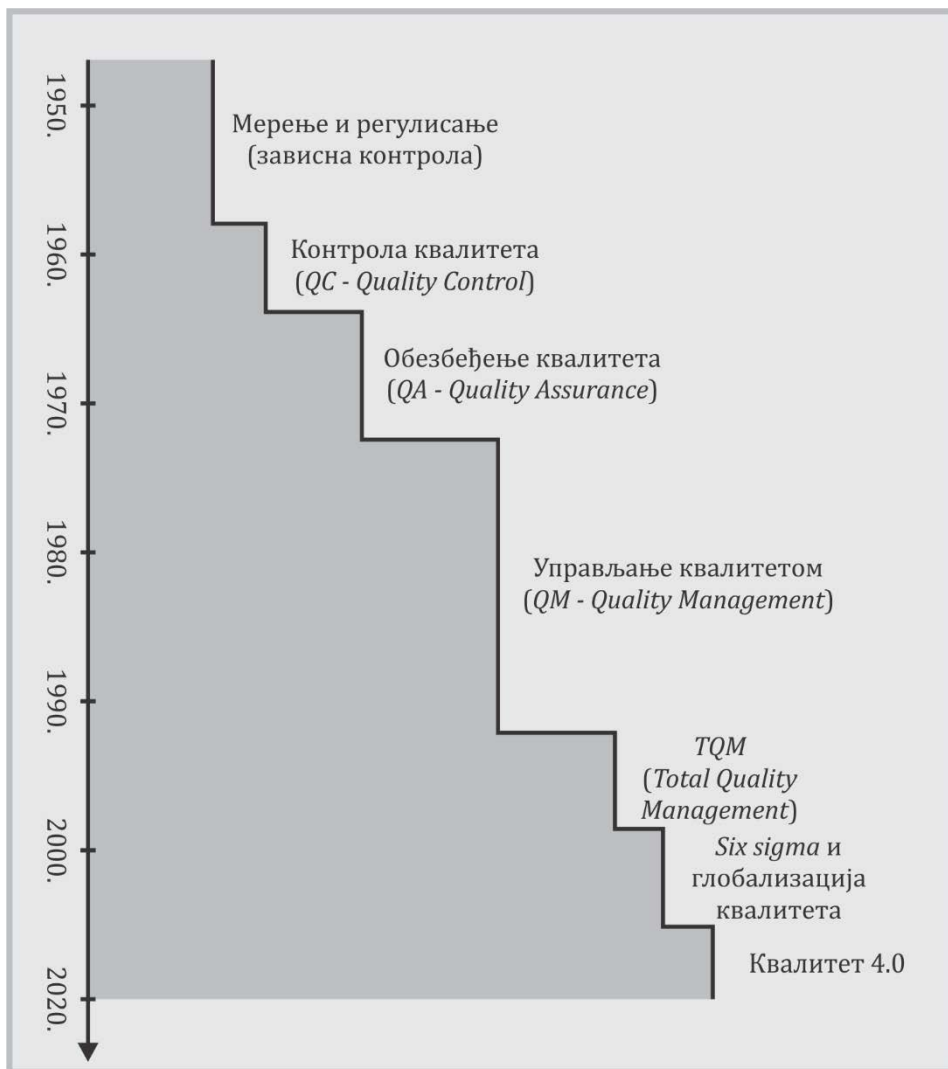
12.1 Дефинисање појма квалитета и еволуција квалитета у производним системима

Квалитет је по својој природи комплексан па може деловати као збуњујући концепт, делимично због тога што људи доживљавају квалитет субјективно. Уколико се индивидуа налази у једном производном систему, може да доживи квалитет на различите начине у односу на то који посао обавља. То првенствено зависи од улоге запосленог у ланцу стварања вредности у производном систему. Може се рећи да и сам појам квалитет еволуира током времена. Ову чињеницу подупире и то што не постоји једна универзална и општеприхваћена дефиниција квалитета, као у домену математике или физике.

Производи и услуге високог нивоа квалитета омогућавају предузећу да оствари конкурентску предност. Изграђена репутација високог квалитета ствара задовољне и лојалне купце који истовремено промовишу производе које користе, што има за последицу повећање броја нових купаца.

Иако датира од ранијих времена где писани трагови воде у историју старог Египта, концепт квалитета се у системском смислу значајно мењао од средине двадесетог века (слика 11.2). Ове промене су почеле од унапређења завршне контроле и спречавања појаве грешака и унапређења квалитета до обезбеђења квалитета (Јуранова трилогија квалитета). Током шездесетих година двадесетог века фокус се ставља на обезбеђење квалитета, док се током наредне деценије развио концепт управљања квалитетом. Испуњење циља је било да се ради на превенцији а не на инспекцији квалитета. Период развоја система квалитета у 80-тим годинама обележила је група научника у Јапану, САД и другим земљама, док се свеобухватни исход рада на управљању квалитетом манифестовао серијом стандарда ИСО 9000. Овај период је обележило разрађивање и унапређивање постојећих алата квалитета као и развој нових. Развијани су системи

Just - in - time, Zero Defect, SPC, Poka Yoke, FMEA системи образовања и мотивисања за квалитет, итд.



Слика 12.1 Ток фаза развоја система квалитета (Arsovski S., 2016)

У последњој деценији двадесетог века био је заступљен концепт тоталног управљања квалитетом, *TQM*, или једноставно тотални квалитет *TQ*. Карактеристике *TQM* концепта квалитета могу се описати помоћу Деминг-овог модела *PDCA* (*Plan - Do - Chek - Act*, тј.

планирати - развијати - проверавати - деловати) при чему сама дефиниција тоталног квалитета подразумева менаџмент систем који је усмерен на запослене, с циљем континуалног подизања задовољства купаца при континуалном смањењу реалних трошкова (*Procter & Gamble, 1992*). *TQ* представља тотални системски приступ и интегрални део стратегије на највишем нивоу у организацији. Сам начин функционисања тоталног квалитета је такав да функционише на хоризонталном нивоу у свим организационим јединицама и укључује све запослене на свим хијерархијским нивоима и у себе интегрише добављаче и купце. У овом концепту, кључ успеха представљају учење и адаптација континуалним променама. Основа тоталног квалитета узима у обзир филозофију научног приступа. Тотални квалитет укључује системе, методе и алате при чему организација (систем) дозвољава промене али се филозофија не мења. Тотални квалитет је утемељен на вредностима које наглашавају дигнитет појединца и моћ заједничког деловања.

Основна разлика између *Six Sigma* и *TQM* је приступ. Док *TQM* квалитет посматра као усаглашеност са унутрашњим захтевима, *Six Sigma* се фокусира на побољшање квалитета смањујући број дефеката. Крајњи резултат може бити исти у оба концепта.

Крајем друге деценије двадесет првог века производња се трансформише кроз приступ Индустрије 4.0. Овај приступ подразумева и промене у менаџменту квалитетом тако да се развија концепт квалитета 4.0. Квалитет 4.0 обухвата 11 елемената/оса (*Jacob D., 2017*):

1. подаци,
2. аналитика,
3. повезаност,
4. сарадња,
5. развој апликација,
6. скалабилност,
7. системи менаџмента,
8. усаглашеност са захтевима,

9. култура квалитета,
10. лидерство и
11. компетенције.

Текућа истраживања стављају у фокус концепте *Society 5.0* (Shibata, 2017) где се тражи се баланс између економског развоја и решавања социјалних проблема, који су обухваћени циљевима одрживог развоја. То се пре свега односи на аспекте квалитета живота и одрживог успеха, применом технологија, као што су *Internet of Things (IoT)*, *Big Data* и *AI (Artificial Intelligence)*.

12.2 Улога квалитета у производним системима

Доминантно у америчкој терминологији (*The Quality Improvement Glossary*), квалитет се третира као субјективан појам за који сваки појединац има свој став, тј. дефиницију, тако да је за њих квалитет конзистентност, елиминација отпада, брзина испоруке, усаглашеност са захтевима, задовољење потреба купаца. Постоји велика могућност да ово произилази из саме улоге појединца па је потребно разумети улогу клијената и запослених у производном систему да би се боље разумео значај квалитета. Тако је могуће дефинисати квалитет из шест различитих перспектива (Evans and Lindsay, 2013).

Трансцендентна перспектива квалитета

Приликом објашњавања појма квалитета, купци често користе реч извршност. У том смислу, према тумачењу једног од гуруа квалитета (Walter Shewhart), уведен је појам доброте производа. У трансцендентном смислу, овај појам се везује за величину која се издиже изнад уобичајених стандарда. На тај начин квалитет се може опазити и купац када дође у контакт са производом увиђа да је исти квалитетан (Zhang, 2001). Примери из реалног живота који су везани за ову појаву и који се могу идентификовати су *Rolls-Royce* аутомобили, *Coca-Cola* напитака, итд. У домену трансцендентне перспективе квалитета увиђа се особина да су производи апсолутно универзално

препознатљиви и да испуњавају највише стандарде. Ипак, квалитет се не може прецизно дефинисати али се може препознати и често је повезан са естетским компонентама производа. Истовремено, извршност производа је повезана и са високом ценом, мада је инжењерска пракса више пута доказала да квалитетни производи не морају нужно бити и скупи. Такође, има случајева и када скупи производи не оправдају очекивања високог квалитета. Из наведеног се може закључити да ова перспектива не доноси менаџерима солидну основу за одлучивање, јер се на овај начин квалитет не може измерити, а самим тим се истим не може управљати.

Квалитет из перспективе производа

Дефинисање квалитета из перспективе производа подразумева могућност квантификације одређених атрибута производа, нпр. број карактеристика уређаја беле технике у домаћинству. На овај начин имплицитно се подразумева да већи број који описује карактеристику производа значи и виши ниво квалитета (*Zhang, 2001*). Управо због тога дизајнери покушавају да направе производ са што више карактеристика, било да купци то желе или не. Узимајући у обзир трансцендентну перспективу квалитета, процена карактеристика производа може да се разликује од појединца до појединца. То значи да пре саме производње и појаве производа на тржишту, предузеће треба да изврши истраживање тржишта и провери које карактеристике купци стварно желе да производ поседује. Ове улазне информације стижу у производни систем преко процеса маркетинга и продаје.

Квалитет из перспективе крајњег корисника

Дефинисање квалитета из перспективе крајњег корисника је сложено пошто појединци имају различите жеље и потребе, па то имплицитно значи и различита очекивања од производа. Имајући у виду наведено, намеће се да се из перспективе крајњег корисника квалитет схвата као погодност за употребу или колико добро производ испуњава жељену намену. Као пример за ово могу се узети теренско возило и лимузина где оба производа потпуно испуњавају

жељене функције. Ипак, за купце који имају потребу да користе не асфалтиране и неприступачне путеве, теренско возило боље испуњава њихове захтеве. С друге стране, за возаче којима је потребно возило за међуградска путовања и желе удобност и луксуз, лимузина ће пре испунити њихове захтеве. Слични примери се могу наћи и у другим гранама индустрије.

Квалитет из перспективе вредности

Квалитет се може дефинисати из перспективе вредности, што би најједноставнијим речима значило да треба узети у обзир однос цене производа и користи од истог. Узимајући у обзир комплексност тржишта и глобализацију, може се приметити да купци мењају своје навике и не купују производе и услуге само на основу цене. Честа је појава да купци анализирају понуде производа и услуга које у себе укључују више елемената, тако да се ради о пакетима производа и услуга. У тој ситуацији купци процењују укупну вредност пакета и користи од истог и тако доживљавају квалитет и доносе одлуке. Један такав пакет производа и услуга може укључивати помоћ при куповини и наручивању, брзу и тачну испоруку, укључене поштанске трошкове, постпродајни сервис, обуку за коришћење, дужи период гаранције од конкуренције и сл. Уколико су понуђени производи и услуге сличног ценовног ранга, купци ће одабрати ону понуду која укључује у себе поменуте карактеристике јер таква понуда носи виши ниво опаженог квалитета. Ипак, ако један од произвођача понуди нижу цену, купци ће у већини случајева одабрати баш тај производ.

Имајући у виду наведено, може се рећи да је квалитетан производ, из перспективе вредности, онај који се конкуренцији производа са истим или сличним карактеристикама продаје по нижој цени или онај који у истом ценовном рангу нуди више користи од осталих производа. Као пример за анализу квалитета из перспективе вредности могу се узети ланци супермаркета у земљи где исти продају производе под именом својих робних марки. Основа оваквог пословања јесте да се продају производи који су сличног квалитета као они који су брендирани, али свакодневно по нижим ценама. На тај начин, ланци супермаркета покушавају да учине продају константном

и да добију више лојалних купаца. Сталност тражње у продаји има позитиван утицај на сам производни систем јер се лакше обавља планирање и наруџбине се не мењају често. У стабилним условима, производни системи могу да се фокусирају на подизање ефикасности процеса и на елиминацију шкарта, па на тај начин могу додатно смањити трошкове. Такође, пословање у стабилним условима оставља више времена за менаџмент иновацијама и могућност унапређења квалитета производа у домену нових функција, дизајна и сл.

Квалитет из перспективе производње

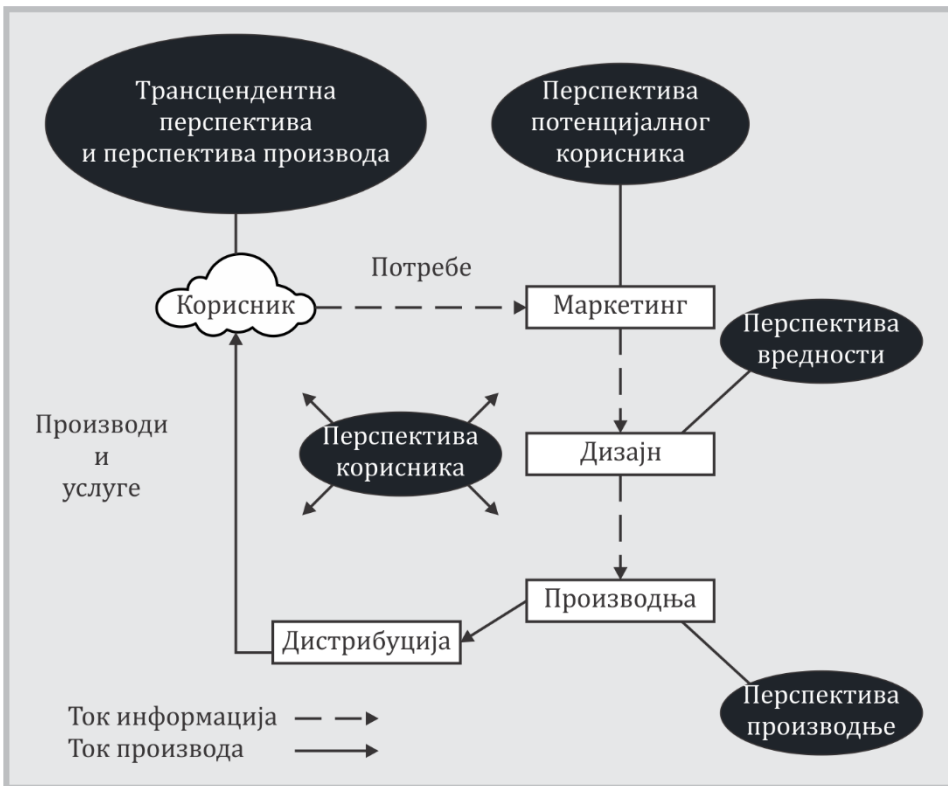
Истовремено, и купци и производни системи желе конзистентност код производа и услуга. Као адекватан пример на глобалном нивоу за ову тврдњу, може се узети *Coca-Cola* или *McDonald's*. Ове компаније имају исте стандарде широм света тако да су њихови производи свуда готово исти. Услугне компаније такође теже истом циљу, тако да ланци хотела теже ка томе да пруже исти ниво квалитета било где на свету. Квалитет из перспективе производње практично значи постојање стандарда и испоручивање производа који потпуно испуњавају стандарде, тј. усаглашеност са дефинисаним захтевима (*Zhang, 2001*). Дефинисани захтеви представљају циљеве (циљне вредности) које дефинишу инжењери у развоју узимајући у обзир прописане толеранције. Циљне вредности, тј. номинални захтеви представљају идеалне вредности ка којима се тежи у производњи приликом свих технолошких операција и поступака обраде. Постојање толеранција је неопходно јер током производних операција долази до хабања алата, промене режима рада, а ни улазне сировине и подсклопови не могу бити идеални. Толеранција је дефинисана толеранцијским пољем и прописана је техничком документацијом. У домену услуга важе слични принципи, па тако авио компаније дефинишу толеранцију доласка на време најчешће на петнаест минута. Важно је напоменути да дефинисање захтева које треба да испуни производ нема смисла уколико ти захтеви немају везе са потребама купаца. Уколико су захтеви добро дефинисани, они служе као основа за одређивање квалитета производа (услуге) тако што се у пракси процењује у којој мери производ (услуга) испуњава захтеве.

Квалитет из перспективе купца

Током седамдесетих и осамдесетих година двадесетог века, наука о квалитету се значајно развијала, тако да су у овом периоду настале значајне дефиниције и парадигме квалитета. Ове дефиниције су доминантно истицале значај квалитета из перспективе купца (*Falk et al., 2010*) и перспективе производа (*Zhang, 2001*). Током времена се увидео значај постојања ланца снабдевања, тако да купац више није посматран као крајњи потрошач који купује аутомобил за приватне сврхе или одлази у ресторан на ручак. Свакако, задовољење захтева потрошача је најбитнији задатак квалитета. Глобализација је омогућила интеграцију производних система у ланце снабдевања и дефинисање фокалних организација ка којима гравитирају добављачи и партнери. Ова промена условила је развој квалитета из перспективе интерног купца. Уколико се узме у обзир један ланац снабдевања у ауто индустрији, може се видети да производно предузеће набавља улазне сировине и производи полупроизводе које продаје другом предузећу у ланцу снабдевања. Примера ради, произвођач челика је добављач предузећу које прави погонски агрегат за аутомобил. Произвођач погонског агрегата је добављач предузећу које склапа аутомобил. На овај начин, производу се додаје вредност од самог улаза у један производни систем, преко његових процеса па до другог производног система и на крају до оног предузећа које склапа завршни производ. Свако предузеће на овај начин постаје екстерни купац. Уколико се посматра једно предузеће, сваки пословни процес који преузима производ и додаје му вредност постаје интерни купац у ланцу стварања вредности. Такође, сваки запослени радник у предузећу има свог интерног купца. Тако се већина послова може представити као ланац интерних клијената. Позитивна страна овог приступа је та што омогућава запосленима да боље схвате своју позицију у предузећу и значај додате вредности финалном производу. Овакав начин размишљања је присутан у предузећима која имају лидерске позиције на тржишту.

Интеграција перспектива квалитета у ланац стварања вредности

Запослени у различитим подсистемима производног предузећа, као и крајњи купци, доживљавају квалитет из своје перспективе. Управо из тог разлога је битно узети у обзир све перспективе приликом стварања вредности да би се испунили захтеви и очекивања крајњег купца. На слици 12.1 представљен је однос подсистема у којима се ствара вредност за купца и перспектива квалитета.



Слика 12.2 Перспективе квалитета у ланцу стварања вредности (Evans & Lindsay, 2013)

Задовољење захтева и очекивања крајњег корисника представља мотив стварања вредности при чему крајњи корисник најчешће опажа трансцендентни квалитет или квалитет из перспективе производа. Захтеве и очекивања крајњег корисника треба да утврди подсистем

маркетинга одакле креће стварање вредности. Ово је јако значајно имајући у виду да предузеће мора да преведе потребе и захтеве купца у спецификације производа и процедуре процеса чијом се реализацијом добијају тражени производи. Претварање захтева крајњег корисника у спецификације производа и дефинисање производних процеса представља задатак којим се бави подсистем истраживања и развоја и подсистем инжењеринга производње. Спецификације производа подразумевају дефинисање атрибута димензија, облика, толеранција, материјала, употребних карактеристика и сл. Процедуре којима се дефинише одвијање производних процеса узимају у обзир опрему/машине, алате, производни погон и сл. Инжењери и конструктори морају да користе ресурсе на оптималан начин како би постигли жељене карактеристике и перформансе производа које је су дефинисане у подсистему маркетинга, користећи ограничена финансијска средства и циљеве који су дефинисани у подсистему финансија и рачуноводства.

У самом производном систему се одвијају активности које треба да обезбеде производњу производа према свим спецификацијама тако да производ испуњава све жељене карактеристике у експлоатацији. Управо имајући у виду наведено, запослени у производњи имају овако објашњену перспективу квалитета. Кроз ланац стварања вредности, сваки наредни подсистем у предузећу представља интерног купца за претходни подсистем, док предузеће може да се представи као екстерни купац својим добављачима. Имајући у виду наведено, може се рећи да перспектива купца представља основу за координацију активности у целом ланцу стварања вредности.

12.3 Менаџмент квалитетом у производним системима

Пословање једног производног система зависи од интеграције његових процеса. Разумевање међусобних веза између процеса и управљање њима доприноси ефективности и ефикасности производног система и читавог предузећа. Унапређењем међусобних

веза између процеса система, могуће је унапредити перформансе читавог предузећа.

Систем квалитета у ланцу стварања вредности се састоји из више подсистема који су међусобно повезани. Ови подсистеми функционишу у току одређених фазе стварања производа што се представља петљом квалитета (слика 12.3). Временски гледано, петља квалитета обухвата стварање квалитета од фазе маркетинга до уклањања неупотребљивих производа. Један део активности је које се одвијају у предузећу условљава да запослени препознају квалитет из перспективе производа и производње. Други део петље је оријентисан тако да запослени препознају квалитет из перспективе интерног купца и крајњег корисника. Из петље квалитета може се лепо сагледати значај интеграције перспектива квалитета.



Слика 12.3 Петља квалитета (Perovic et al., 1996)

Наведени пословни процеси се реализују у складу са захтевима стандарда квалитета (ISO 9001:2015), при чему сваки пословни процес

има следеће елементе (слика 11.4):

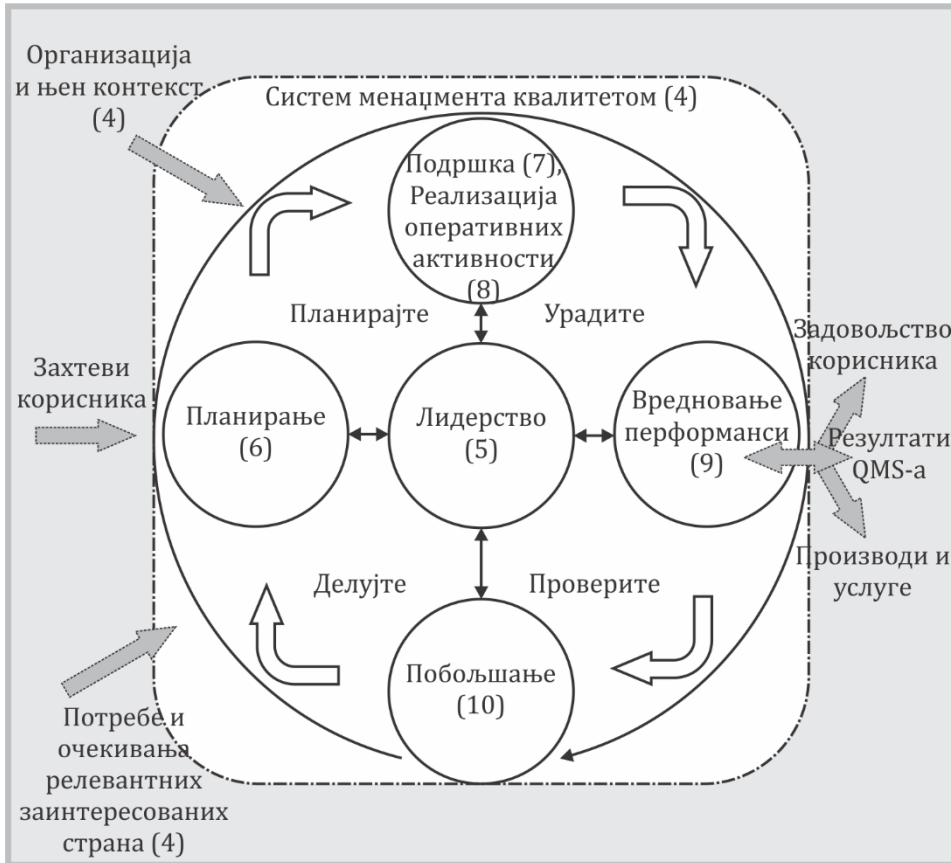
- дефинисане изворе улазних елемената,
- улазне елементе,
- активности процеса,
- излазне елементе и
- дефинисане примаоце излазних елемената.



Слика 12.4 Шематски приказ елемената једног процеса (ISO 9001:2015)

Анализом стандарда ISO 9001:2015 може се рећи да „систем квалитета представља трансформацију улазних величина кроз процесе у систему квалитета, ради обезбеђивања жељених излаза (квалитета производа Q_p и квалитета услуга Q_{ust}). Ова трансформација

се обезбеђује помоћу одговарајућег система управљања квалитетом.“ Систем менаџмента квалитетом у једном производном предузећу почива на Планирај-Уради-Провери-Делуј (*Plan-Do-Check-Act*) циклусу што је у сагласности са захтевима стандарда *ISO 9001:2015* (слика 12.5).



Слика 12.5 Приказ структуре међународног стандарда *ISO 9001:2015* у *PDCA* циклусу (*ISO 9001:2015*)

Имајући у виду интеракцију између подсистема у производном систему, за потребе управљања квалитетом се дефинишу пословни процеси који у себе интегришу групе активности које се одвијају између различитих ентитета.

Да би се обезбедио висок ниво квалитета, сваки пословни процес у једном производном систему мора да испуни дефинисане циљеве

квалитета. Циљеви квалитета се дефинишу у оквиру стратегије обезбеђења квалитета и њихове вредности се мере у предвиђеним временским интервалима. Један од циљева квалитета пословања производног система може бити укупно водеће време (*Total Lead Time*) које се мери од примања наруџбине до испоруке производа.

Имајући у виду комплексност природе квалитета, може се рећи да се често циљеви квалитета декомпонују и на потциљеве и перформансе на нивоу пословних процеса. Такође, перформансе могу бити сложене природе па се могу декомпоновати на кључне индикаторе перформанси (*Key Performance Indicators – KPIs*). На нивоу пословних процеса се управља перформансама и *КПИ*-јевима.

Управљање квалитетом заснива се на следећим принципима (*ISO 9001:2015*):

- усредсређеност на корисника;
- лидерство;
- ангажовање људи;
- процесни приступ;
- побољшавање;
- доношење одлуке на основу чињеница;
- менаџмент међусобним односима.

Усредсређеност на корисника се односи на део пословања где се у производном систему утврђују, разумеју и конзистентно испуњавају захтеви корисника и применљивих закона и прописа. Такође, важно је да се у целој организацији промовише усредсређеност на корисника.

Лидерство се доминантно односи на захтеве где највише руководство мора да показује лидерство и посвећеност у односу на систем менаџмента квалитетом, тиме што преузима крајњу одговорност за ефективност система менаџмента квалитетом. Крајња одговорност се не може пренети на друга лица.

Ангажовање људи подразумева да највиши менаџмент треба да ангажује, усмерава и подржава особе да доприносе ефективности система менаџмента квалитетом.

Процесни приступ омогућава организацији да планира, реализује, анализира и унапређује своје процесе и њихово међусобно деловање при чему се користи циклус планирајте–урадите–проверите–делујте” (*Plan–Do–Check–Act–PDCA*)” и размишљање засновано на ризику.

Побољшавање процеса је засновано на вредновању података и информација. Потребно је стално побољшавање система менаџмента квалитетом.

Доношење одлуке на основу чињеница подразумева да је то једини исправан начин доношења одлука.

Менаџмент међусобним односима означава потребу да се управља односима између пословних процеса унутар производног система, али исто тако и са ентитетима ван пословног система, као што су добављачи, купци, законодавна тела и други стејкхолдери.

12.4 Менаџмент квалитетом у процесима производних предузећа

У реалним условима пословања, узимајући у обзир економске принципе пословања једног производног предузећа, може се рећи да су за остварење пословних циљева од суштинске важности ефикасност и ефективност процеса. Ефективност процеса се мери преко остварења перформанси процеса и/или кључних индикатора перформанси процеса (*КПИ*). Важно је нагласити да постоје различите врсте *КПИ*-јева при чему се у области квалитета дефинишу *КПИ*-јеви који се планирају и чијом се вредношћу управља.

Улога квалитета у процесима менаџмента и лидерства

Уколико се посматра из перспективе менаџмента квалитетом и остварења пословног успеха, менаџмент и лидерство се идентификују као један од главних фактора чија је улога препозната у серији стандарда *ISO 9000 (Juran, 2003)*. У дугогодишњој пракси током ревизија стандарда, отклањани су недостаци стандарда везани за ове процесе. У верзији стандарда из 2015. год., препознат је наглашени

значај лидерства и читава тачка стандарда говори о улози лидерства у успостављању система менаџмента квалитетом.

Улога квалитета у процесу маркетинга и продаје производа

У управљању маркетингом се често подразумева да је квалитет најбоља реклама. Током времена је постало јасно да процес маркетинга мора имати значајнију улогу од рекламирања и продаје. Запослени у овом пословном процесу морају да се баве истраживањем тржишта, анализом производа у домену карактеристика, одређивања цене и сл. Ове информације се користе за дефинисање производа са свим карактеристикама за употребу, узимајући у обзир технолошка и финансијска ограничења једног производног система. Такође, продавци треба да прибаве повратне информације од купаца о задовољству након куповине како би се обезбедила основа за унапређење квалитета производа.

КПИ-јеве квалитета у процесу маркетинга и продаје могу бити (<http://kpilibrary.com/>): проценат задовољних купаца, проценат продаје производа који су пуштени у продају током претходне године, итд.

Улога квалитета у процесу развоја производа и технологија

Производи који нису инжењерски адекватно пројектовани скоро сасвим пропадају на тржишту јер не могу да испуне очекивања корисника (*Sethi, 2000*). С друге стране, производи чије карактеристике превазилазе очекивања и потребе клијената често имају потешкоћа са налажењем правог тржишта. Најбољи пример како се овај проблем решава у пракси јесте аутомобилска индустрија. Водећи произвођачи аутомобила најчешће нуде верзије аутомобила без додатне опреме по значајно повољнијој цени од оних возила која поседују комплетне пакете опреме. Важно је напоменути да добро пројектовани производи имају мање дефеката и могу да уштеде трошкове који настају због претеране контроле.

КПИ-јеве квалитета у процесу развоја производа и иновација могу бити: време потребно за унапређење постојећег производа и његово појављивање на тржишту, време потребно за увођење новог производа на тржиште (време које прође од дефинисања производа до

тренутка када се појави у продаји), проценат одбијених патената, трошкови лошег квалитета, итд.

Улога квалитета у процесу набавке, интерне логистике и транспорта

Квалитет материјала и/или полупроизвода који се користе у производном систему су веома битни за ефективно функционисање производног предузећа. Процес набавке може веома да допринесе укупном пословању производног предузећа уколико одабере адекватне добављаче, тако што води рачуна о терминима испоруке и прописаном квалитету улазних елемената у процес производње. Такође, процес набавке треба да одржава добре односе са добављачима и да служи као веза између купаца готових производа и добављача да би се евентуално решили проблеми са коришћеним материјалима и слично.

Процеси интерне логистике и транспорта представљају везу између набавке, производње и отпремања готових производа до крајњег купца.

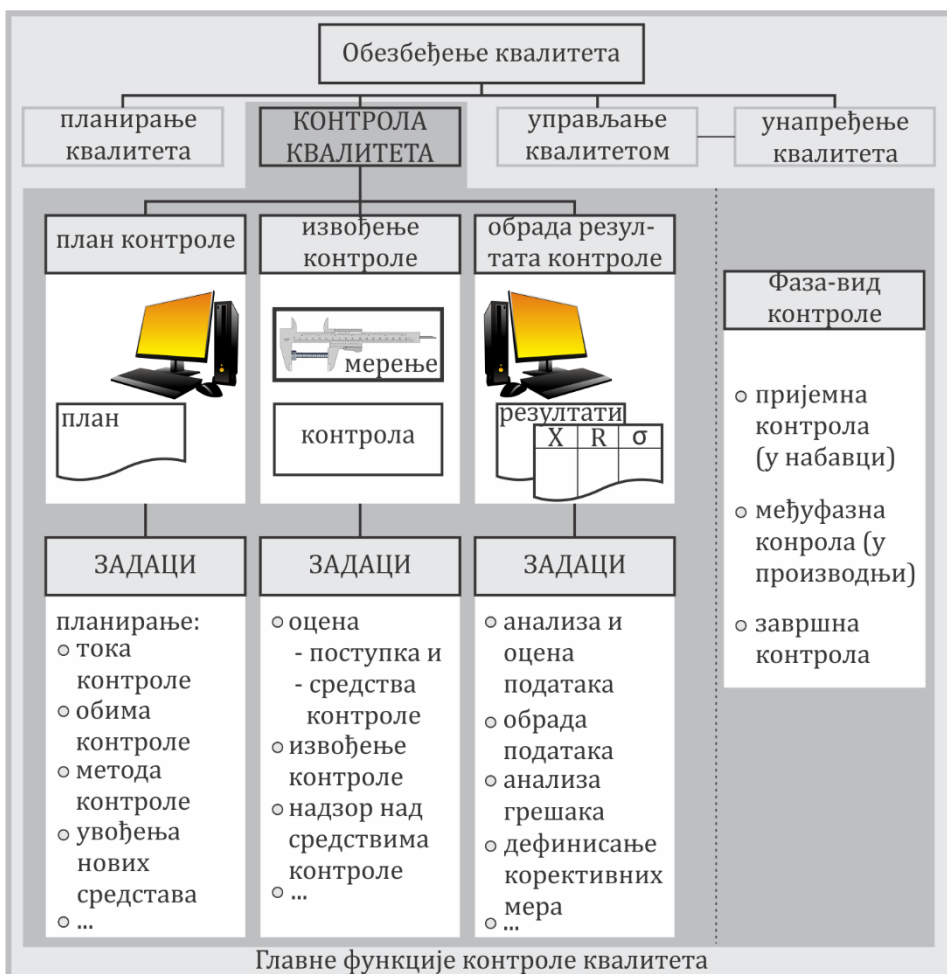
КПИ-јеве квалитета у процесу набавке, интерне логистике и транспорта могу бити (<http://kpilibrary.com/>): цена, рок испоруке, усаглашеност са захтевима заштите животне средине, однос постојећих добављача према броју ресертификованих добављача након провере и сл.

Улога квалитета у процесу планирања на нивоу производног система

Основне активности које се спроводе у оквиру подсистема планирања и процеса планирања на нивоу производног система подразумевају креирање планова: производње, снабдевања, управљања производњом, управљања алатима, управљања одржавањем опреме, управљања трошковима и управљања квалитетом (слика 12.6).

Да би се реализовали сви планови неопходно је обезбедити одговарајуће улазне материјале у процес производње, одговарајуће

алате, обучене људске ресурсе, производне машине и добро дефинисан производни процес. Имајући у виду савремене трендове пословања и захтеве за кастомизованим производима, често се планирају мале серије производа.



Слика 12.6 Веза између обезбеђења квалитета и планирања квалитета (Лазих, 2006)

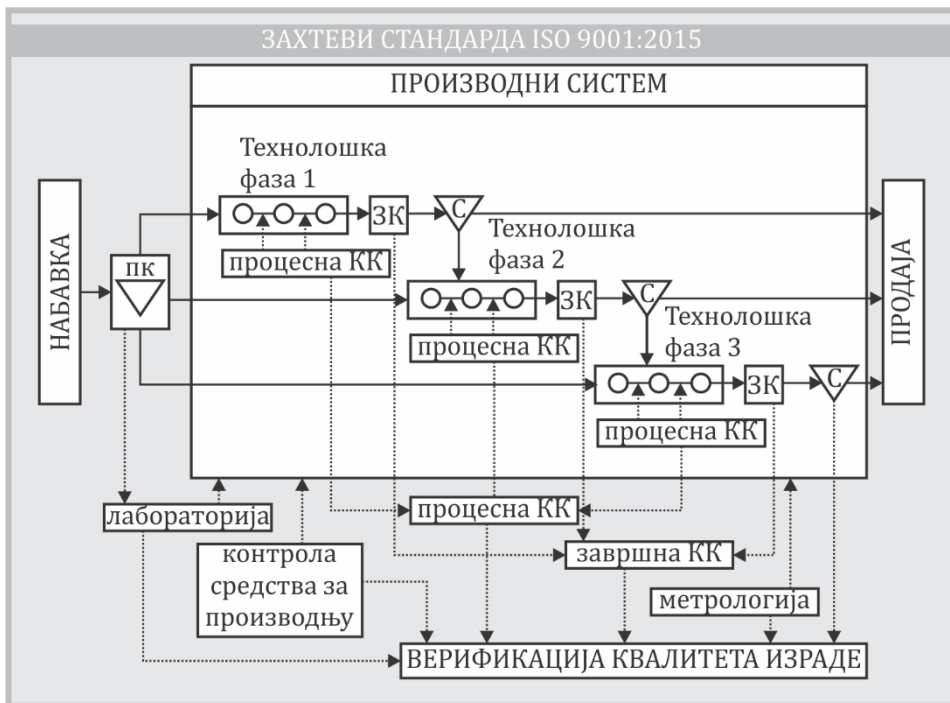
Испуњење захтева крајњег купца подиже ниво квалитета па то представља основ за процес планирања.

КПИ-јеви квалитета у процесу планирања на нивоу производног система могу бити (<http://kpilibrary.com/>): фреквенција унапређених

планова (www.kpilibRARY.com), фреквенција нових планова и сл. Просечна фреквенција унапређених докумената се изражава у данима.

Улога квалитета у технолошком систему производног предузећа

Обезбеђење једнообразног планираног квалитета производа постиже се контролом квалитета од процеса набавке па до завршне контроле након завршених технолошких операција и монтаже (слика 12.7).



Слика 12.7 Контрола квалитета у технолошком систему (Лазих, 2006)

Имајући у виду савремене услове пословања и улогу контроле квалитета, може се претпоставити наредном периоду да ће доста процедура у производним системима бити адаптирано за дигиталне технологије.

Улога квалитета у процесу инжењеринга и дефинисања процеса производње је оријентисана на циљ да се обезбеди прецизан

производни процес без губитака са минималном могућношћу настанка грешке. *КПИ*-јеви квалитета овог процеса могу бити (<http://kpilibrary.com/>):

- % спроведених унапређења у домену смањења трошкова и времена било које процесне активности,
- % имплементираних прилика за унапређење (*opportunities for improvement - OFI*) у односу на број предложених могућности које су утврђене интерном или спољашњом провером квалитета.

Улога квалитета у процесу управљања алатима је да буду обезбеђени алати којима се може остварити захтевани ниво квалитета производа у процесу производње и да се обезбеди одговарајућа мерна и контролна опрема. Алати који се похабају или мерна и контролна опрема која ради у стању отказа могу да изазову велике проблеме у процесу производње, при чему се додатно генеришу трошкови јер настаје потреба за дорадом или се јавља шкарт. *КПИ*-јеви квалитета у процесу управљања алатима могу бити (<http://kpilibrary.com/>): однос алата у експлоатацији и у регенерацији и сл.

Улога квалитета у процесу управљања производњом и монтажом се исказује кроз добијање крајњег производа који је у сагласности са захтевима квалитета. Може се рећи, у том смислу, да постоји недвосмислена веза између процеса пројектовања производа и инжењеринга процеса са самом производњом, при чему је потребно нагласити да постојање дефеката није прихватљиво. Уколико се исти јаве, потребно је извршити анализу процеса и производа и прописати корективне и превентивне мере. *КПИ*-јеви производње су дефинисани стандардом *ISO 22400*, али производни системи могу да дефинишу и сопствене *КПИ*-јеве у складу са постојећом литературом, резултатима добре праксе и сл. Важни *КПИ*-јеви квалитета овог процеса су (<http://kpilibrary.com/>):

- проценат дефеката (*PD*) изражен у процентима:

$$PD (\%) = \frac{\text{укупан број дефеката издвојених на популацији која се мери}}{\text{укупан број ентитета у популацији}}$$

- укупна ефикасност опреме - *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*:

$$OEE = \text{доступност опреме} \times \text{перформансе} \times \text{квалитет}$$

Улога квалитета у процесу инспекције и тестирања готових производа се односи примарно на прикупљање података о мерењима како би се вршило континуално унапређење квалитета процеса и производа, а не једноставно уклањање дефектни производа. Важни *КПИ*-јеве квалитета овог процеса су (<http://kpilibrary.com/>): проценат покривености плана валидације система, број производа који је одбијен приликом тестирања јер није у сагласности са захтевима квалитета, итд.

Улога квалитета у процесу паковања, отпремања и складиштења се односи на праћење правилног означавања готових производа и безбедно отпремање и складиштење како се исти не би оштетили приликом транспорта. Важни *КПИ*-јеве квалитета овог процеса су (<http://kpilibrary.com/>): проценат правилно означених производа, % испоручених производа на време, итд.

Улога квалитета у процесу инсталирања и пуштања у експлоатацију се ослања у доброј мери на прописана упутства приликом инсталације и дефинисања радних услова. У случају појаве било каквих отказа након инсталације, постпродајни сервис представља решење. Истовремено, постпродајни сервис јако пуно утиче на задовољство купаца. Важни *КПИ*-јеве квалитета овог процеса су (<http://kpilibrary.com/>): проценат приговора/жалби купаца који се одређује односом укупног броја приговора/жалби и испоручених производа, број излазака на терен због постпродајног сервиса, итд.

Питања за обнављање градива

1. Објаснити квалитет из перспективе производа.
2. Објаснити квалитет из перспективе корисника.
3. Објаснити квалитет из перспективе вредности.
4. Објаснити квалитет из перспективе производње.
5. Објаснити квалитет из перспективе купца.
6. Како изгледа интеграција перспектива квалитета у ланац стварања вредности?
7. Како је текао развој управљања квалитетом?
8. Објаснити карактеристике *TQM* концепта.
9. Објаснити петљу квалитета.
10. Како изгледа структура система квалитета?
11. Који принципи се користе у управљању квалитетом?
12. Која је улога квалитета у процесима менаџмента и лидерства?
13. Која је улога квалитета у процесу Маркетинга и продаје производа?
14. Објаснити улогу квалитета у процесу развоја производа и технологија.
15. Објаснити улогу квалитета у процесу набавке, интерне логистике и транспорта.
16. Објаснити улогу квалитета у процесу планирања на нивоу производног система.
17. Објаснити улогу квалитета у технолошком систему производног предузећа.

Литература

1. ARSOVSKI, Slavko, *Nauka o kvalitetu*, Fakultet inženjerskih nauka, Univerzitet u Kragujevcu, Kragujevac, 2016, ISBN 978-86-6335-021-2.
2. EVANS, James R., LINDSAY, William M., *Managing for quality and performance excellence*. Cengage Learning, Boston, MA, USA, 2013, ISBN 978-1-2856-3317-6.
3. JURAN, Joseph M., *Juran on leadership for quality*. Simon and Schuster, New York, NY, USA, 2003, ISBN 978-0-7432-5577-6.
4. PROCTER & GAMBLE. Report to the Total Quality Leadership Steering Committee and Working Council. *Total Quality: Management, Organization and Strategy*, 1992, 13.
5. SETHI, Rajesh, New product quality and product development teams. *Journal of marketing*, Vol. 64, No. 2, str. 1-14, 2000, ISSN 0022-2429. KPI Library, 2020. KPI Library [online]
6. SHIBATA, Masashi, et al. Toward an Efficient Search Method to Capture the Future MOT Curriculum Based on the Society 5.0. In: *2017 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET)*. IEEE, 2017. p. 1-7.
7. SLACK, Nigel, BRANDON-JONES, Alistair, *Operations and process management: principles and practice for strategic impact*. Pearson UK, 2018, ISBN 978-1-2921-7618-5.
8. ZHANG, Qingyu, Quality dimensions, perspectives and practices. *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol.18, No. 7, str. 708-722, 2001, ISSN 0265-671X.
9. ЛАЗИЋ, Миодраг, Алати, методе и технике унапређења квалитета, Машински факултет Крагујевац, Крагујевац, 2006, ИСБН 86-80581-87-9.
10. ПЕРОВИЋ, Милан, АРСОВСКИ, Славко, АРСОВСКИ, Зора, *Производни системи*. Машински факултет Крагујевац, Крагујевац, 1996, ИСБН 86-23-43035-2.

Поглавље 13.

МЕНАЏМЕНТ ИНОВАЦИЈАМА

Циљеви	Структура поглавља
После читања овог поглавља бићете оспособљени да:	
1. Објасните везу између производних система и креативне и културне индустрије	13.1 Увод у менаџмент иновацијама 13.2 Веза између производних система и креативне и културне индустрије - паметне иновације
2. Објасните зашто су производни системи важни у домену паметне специјализације	13.3 Иновативност и паметна специјализација 13.4 Иновациони дистрикти и дигитални иновациони <i>hub</i> -ови

13.1 УВОД У МЕНАЏМЕНТ ИНОВАЦИЈАМА

Управљање (менаџмент) иновацијама директно је повезано са утицајима унутар производног система и изван њега (*Bruton & White, 2011*), што је приказано на слици 13.1. Иако многа производна предузећа у оквиру својих активности развоја реализују значајан број проналазака/инвенција, само мали број истих достигне комерцијализацију на тржишту и постане иновација.



Слика 13.1 Утицај интерних и екстерних фактора на менаџмент технологијама и иновацијама (*Bruton and White, 2011*)

У овом приступу, менаџмент технологијама представља повезане дисциплине из области инжењерства, науке и менаџмента у циљу развоја и примене технолошких могућности и остварења стратешких и оперативних циљева у пословном систему.

Иновација представља процес у којем се нови и унапређени производи, процеси и материјали и услуге развијају и трансферишу у производњу и/или тржиште, тамо где је то потребно (Rubenstein, 1994). Категорије иновација приказане су на слици 13.2.

		Категорија 1	Категорија 2
Проблем коришћења	стари	ново решење старих проблема: <ul style="list-style-type: none"> мала погодност производа процес: <i>just-in-time</i> 	без иновација
	нови	већина иновација: <ul style="list-style-type: none"> нови производи који доводе до нових могућности, нови производи (нпр. РС) нови процеси, базирани нпр. на бар коду 	<ul style="list-style-type: none"> стари производи/процеси се користе на нови начин, друге промене старих производа процес тестирања преко сателита
		Категорија 3	Категорија 4

Слика 13.2 Категорије иновација

Уочава се да се иновације могу везати за решавање проблема коришћења постојећих производа и увођење нових. При томе се дефинише циклични модул процеса иновација (слика 13.3).



Слика 13.3 Циклични модел процеса иновација

Приказани циклус почиње да се реализује на нивоу процеса менаџмента и лидерства током развоја визије, пословних циљева и стратегије у току анализе окружења производног предузећа. Полаз за менаџмент иновацијама је стратегија (слика 13.4) где се врши процена технолошких иновација.



Слика 13.4 Екстерне и интерне стратешке интеракције у менаџменту иновацијама

Иновације у производном систему се планирају. На то утичу глобални фактори као што су већа контрола процеса и излаза, боље разумевање технолошки створених промена и кључне промене. Поред наведених, на планирање утичу и већа способност производних предузећа за развој технологија нове генерације и повећање оствареног профита. Типови иновација су:

- иновације производа, што обухвата опрему истраживања, примену истраживања (развој новог производа) и унапређење постојећих,

- иновација процеса, што обухвата реструктурирање и/или реинжењеринг процеса.

Стратегија иновација врши се на три нивоа (слика 13.5). На стратешком нивоу кроз процесе менаџмента и лидерства врши се планирање иновација, пролазећи кроз фазе: (1) стратешка визија, (2) мисија, (3) циљеви, (4) тактички задаци и акције.



Слика 13.5 Нивои стратегије иновација

Фактори који утичу на планирање иновација су доминантно везани за:

- креативност – манифестује се преко савлађивања изазова, често уз конфронтацију, при чему креативан појединац поседује адекватан портфолио вештина,
- организациони захтеви – ову захтеви се манифестују кроз комуникацију, систем награђивања, организационе претпоставке и
- политички процес.

После активности стратегије иновације следи њихова примена која се врши после анализе кључних потреба. Примена обухвата лидерство, укључивање (ангажовање), проширивање и додељивање (слика 13.6).



Слика 13.6 Анализа кључних потреба

После фазе примене врши се вредновање и контрола иновација, кроз активности које су приказане на слици 13.7.



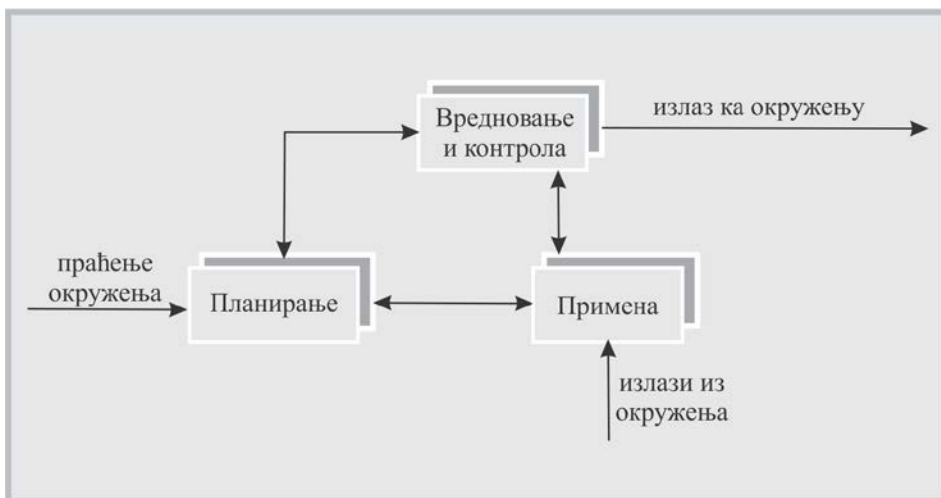
Слика 13.7 Фаза вредновања и контроле иновација

Вредновање иновација обухвата активности вредновања стратешког окружења, екстерног окружења, информационих система и вредновање анализе структуре.

Активности контроле иновација могу бити финансијске, стратегијске и културне. Контрола и вредновање иновација врши се на више нивоа у предузећу:

- топ менаџмент,
- менаџери сектора и лидери тимова и
- менаџери одељења и чланови тима.

Између планирања, примене и вредновања и контроле постоје интегративне везе (слика 13.8). Кроз ову интеграцију посебно се обраћа пажња на организацију, креирање нове вредности и нову (најбољу) праксу у области иновација.



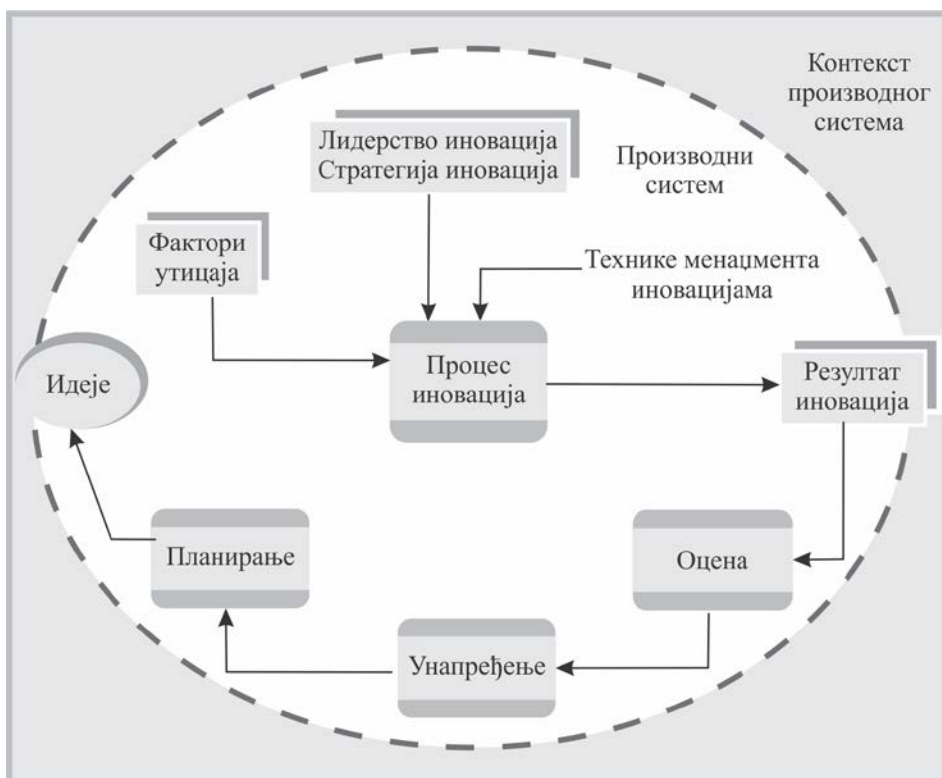
Слика 13.8 Интеракције планирања, примене и вредновања и контроле

Област менаџмента иновацијама је обухваћена стандардом *CEN/TS16555* који садржи 7 делова:

- 1) систем менаџмента иновацијама,
- 2) менаџмент стратешком интелигенцијом,
- 3) иновационо промишљање,

- 4) менаџмент интелектуалном својином,
- 5) менаџмент сарадњом,
- 6) менаџмент креативношћу и
- 7) оцена менаџмента иновацијама.

Основа за повезивање ових 7 делова је у стандарду *CEN/TS16555-1* (слика 13.9).



Слика 13.9 Кључни елементи у систему менаџмента иновацијама

У овом стандарду дефинишу се:

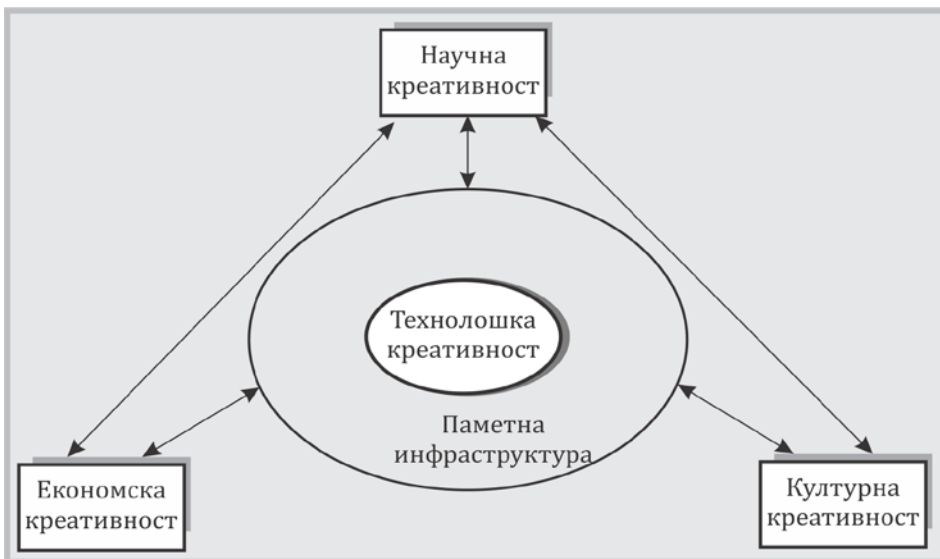
- иновације: примена новог или значајно унапређеног производа (робе или услуге) или процеса, новог метода маркетинга или новог метода организације у пословној пракси, радном месту и екстерним релацијама,
- систем менаџмента иновацијама: скуп међусобно повезаних и делујућих елемената организације ради

успостављања политике и циљева, као и процеса за остваривање ових циљева (CEN/TS16555 (2013) CEN, Brussels).

Потребно је напоменути да производно предузеће не мора имати поменуте интегрисане стандарде у свом пословању да би се бавило иновацијама.

13.2 Веза између производних система и креативне и културне индустрије - паметне иновације

Иновативност је повезана са креативношћу. У европском програму URBACT дефинисани су и тестирани алати и методе за повезивање културе и креативне индустрије (енгл. CCI – *Culture and Creative Industries*). Основна претпоставка за то је да се кроз ову интеграцију стимулише креативни потенцијал за иновације, при чему се ствара ефекат преливања креативног потенцијала (енгл. „*creative spillovers*“) између предузећа и других организација. Такође, полази се од чињенице да је креативност заснована на култури а са друге стране, креативност је извор иновативности (слика 13.10).



Слика 13.10 Релације између кључних врста креативности

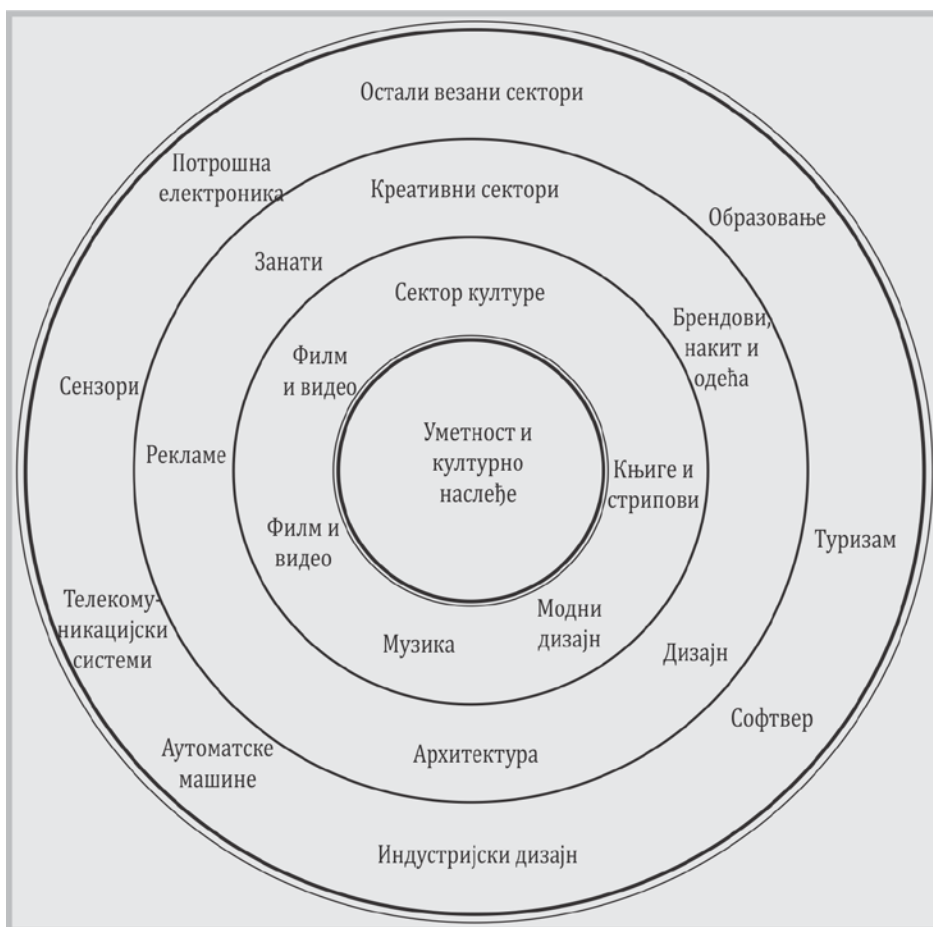
У оквиру преливања креативног потенцијала размењују се знања и праксе између различитих привредних сектора и обезбеђују услови за генерисање заједничке политике.

Савремена економија, посебно она заснована на знању, (економија знања) покретана је иновацијама. При томе се очекује да иновације обезбеде виши ниво конкурентности и одрживости предузећа и њихових производних система. У 20. веку технолошке иновације, које су у језгру концепта паметних градова/региона, су пре свега биле усмерене на раст продуктивности. У 21. веку то није довољно, иновације обухватају све сфере друштвеног живота. Како је креативност у „срцу“ иновација, ширење концепта иновација врши се интегрисањем области креативности - технолошке, научне, пословне и базиране на култури.

Да би остала конкурентна, производна предузећа у данашње време често своју иновативност темеље на анализи потреба друштва и култури. Информације које предузеће добија од тржишта треба да буду посматране тако да узму у обзир економску креативност, научну креативност и културну креативност. Овај синергијски ефекат у данашње време има огроман значај на превођење захтева купаца у технолошке карактеристике производа.

Сматра се да су култура и креативне индустрије извор раста, запошљавања и иновација (слика 13.11). Практично у сваком од ових сектора, и у производним предузећима која функционишу у оквиру истих, теку иновациони процеси који се прожимају до сектора на ободу, који су највише препознатљиви. У основи овог иновационог прожимања је преливање креативног потенцијала. Овај концепт се односи на способност уметника, креативних професионалаца и компанија да индиректно допринесу иновационим процесима. Стога се стварање креативних спиловера односи на стварање креативности базираној на култури, која је у интеракцији са другим облицима иновација и процеса. Циљ је да се на тај начин „разбију баријере“ између њих, што се остварује увођењем концепта спиритуалног лидерства, интуиције и имагинације.

Преливање креативног потенцијала омогућава економске и друштвене (социјалне) иновације. Премиса за ово је да се знање, производи и друштвене мреже могу преклапати и тиме повезати у свакодневне активности.



Слика 13.11 Релације између сектора везаних за иновације

Иновационе карактеристике културне и креативне индустрије зависе од уметника, креативних професионалаца и њихових способности да:

1. генеришу нове идеје и остваре прекид са старим,
2. идентификују и негују технике и
3. разумеју вредност и значај инвестирања у креативне идеје.

Веома је важно укључити и производна предузећа у интеракцију са креативним индустријама помоћу одговарајућих платформи за повезивање коришћењем дигиталних технологија. На овим основама ствара се стратегија креативности (слика 13.12).



Слика 13.12 „Точак“ стратегије креативности

За развој стратегије креативности се претходно морају дефинисати циљеви у домену диференцијације производа и повећања вредности производа за крајњег купца, узимајући у обзир креативност запослених и креативност менаџмента.

У стимулисању рада институција креативног преливања значајну улогу има територија. Управо због тога, државе развијају „паметне регионе“ и теже циљевима који подразумевају стварање:

- креативних снага, које чине креатори и креативни професионалци, културне и креативне компаније и институције, као и креативне друштвене мреже,
- територија посебног идентитета, које имају виталну улогу у убрзавању и ојачавању различитости и креативности и

- друштва које брине о креативном амбијенту кроз регулативу, образовање и инвестирање у технологију и културу.

Посебну улогу културне и креативне индустрије имају за паметне, одрживе и инклузивне регионе/градове/државе и Европу у целини.

Улога производних система у подстицању креативне индустрије огледа се у изградњи мрежа институција на којима почива креативно преливање и социјална кохезија. Полазећи од претходног дефинишу се три области институција креативног преливања:

1. процеси (енгл. *processes*),
2. људи/вештине (енгл. *people/skills*) и
3. пројекти (енгл. *projects*).

13.3 Иновативност и паметна специјализација

Кључну улогу у развоју иновативности паметних региона имају људи. Стога је ЕУ развила стратегију паметне специјализације (енгл. *Research and Innovation Strategies for Smart Specialisation-RIS3*). На овим основама различити европски региони креирају своје стратегије за паметну специјализацију (*RIS3CAT, 2015*). Стратегију *RIS3* карактеришу четири елемента:

1. избор већег броја приоритета у складу са снагом и међународном специјализацијом,
2. изградња конкурентске предности мобилизирајући таленте и стварајући истраживачке и развојне капацитете пословних и производних система,
3. критична маса ресурса и талената и међу-секторска и међународна кооперација за јачање специјализоване диверсификације и избегавање дуплирања и фрагментације и
4. колаборативно лидерство, укључујући нове форме лидерства иновацијама.

Полазећи од ових почетних стратегија могу се дефинисати различите активности да би се испунили стратешки циљеви. У том смислу, једна од кључних активности односи се на обезбеђење иновативног окружења и пораст конкурентности компанија и јавних политика у правцу промоције иновација, интернационализације и предузетништва. За ове потребе развијени су бројни алати и политике.

Постоје различити начини укључивања иновација у оквиру паметних градова/региона. Овај концепт је свакако један од трендова који ће се пратити у будућности, при чему је важно нагласити да се очекује еволуција производних система и њихова адаптација у савремене парадигме производње. То су пре свега:

- иновациони центри,
- “живе лабораторије” (енгл. *living laboratories*),
- иновациони дистрикти.

Иновациони центри

Иновациони центри у оквиру паметних региона се заснивају на принципима који омогућавају различите подстицаје за развој иновација (нпр. иновациони центар у *Sacramento*-у (*Sacramento center for innovation specific plan*, 2013)):

1. успостављање јавно-приватног партнерства да би се обезбедила потребна инфраструктура за иновације,
2. трансформисање недовољно искоришћених индустријских области, пре свега за креирање *hub*-а за чисту, зелену и медицинску технологију,
3. стварање пословних иницијатива ради развоја активности иновационог центра и процедура рада,
4. промовисање охрабривање дизајна високог квалитета,
5. задржавање постојећих и атрактивност за нове пословне системе и раднике,
6. изградња партнерства са универзитетима и приватним предузећима и државом,
7. креирање центра размене идеја и знања.

Развој иновационих центара треба позитивно да утиче и на сарадњу производних предузећа (и њихових производних система) и академских институција.

“Живе лабораторије”

Живе лабораторије (енгл. *living laboratories*) се дефинишу као истраживачки концепти који укључују методологије, организације, системе и окружење у којем је корисник/купац у центру збивања. Оне користе концепт отвореног екосистема и често функционишу на одређеној територији/региону. Засноване су на интеграцији конкурентних истраживања и процеса иновација у оквиру *СЗР* (енгл. *Citizen – Public – Partership*) или *PPPP* (енгл. *Public – Private – People – Partership*). На слици 13.13 представљене су интеракције између учесника који чине “живу лабораторију”: приватних предузећа, државних институција, института знања и крајњих корисника.



Слика 13.13 Ентитети “живих лабораторија” (Kris Steen & Ellen van Bueren, 2017)

Главне активности “живих лабораторија” су најчешће:

- ко-креација,
- истраживања растућих коришћења, понашања и тржишних могућности,
- извођење експеримената са различитим сценаријима на одређеној територији/региону,
- вредновање концепта, производа и услуга на основу друштвено-економских и друштвено-когнитивних критеријума.

Европска мрежа “живих лабораторија” формирана је 2006. године, а до сада је умрежено више од 200 активних лабораторија. Ова врста иновативних решења је укључена у бројне ЕУ пројекте, као што су *Horizont 2020*, *CIP*, *Interreg*, итд. “Живе лабораторије” се могу посматрати као погодни инструменти за финансирање платформи и инструмената регионалних политика. Производна предузећа и њихови производни системи учествују у истраживањима која се спроводе у оквиру “живих лабораторија”, с обзиром на то је највећи број малих и средњих предузећа у приватном власништву и предузетнички оријентисан.

13.4 Иновациони дистрикти и дигитални иновациони *hub*-ови

Иновациони дистрикти (енгл. *Innovation Districts - ID*) су настали као проширење основног концепта индустријских дистриката и растућег праћења иновативности (слика 13.14).

Они се намећу као одговор на изазове везане за нове потребе тржишта и крајњег корисника, јер традиционалне производне организације и производни системи не успевају да генеришу довољан ниво иновативности да би се задовољиле све потребе крајњег купца. Иновациони дистрикти подразумевају:

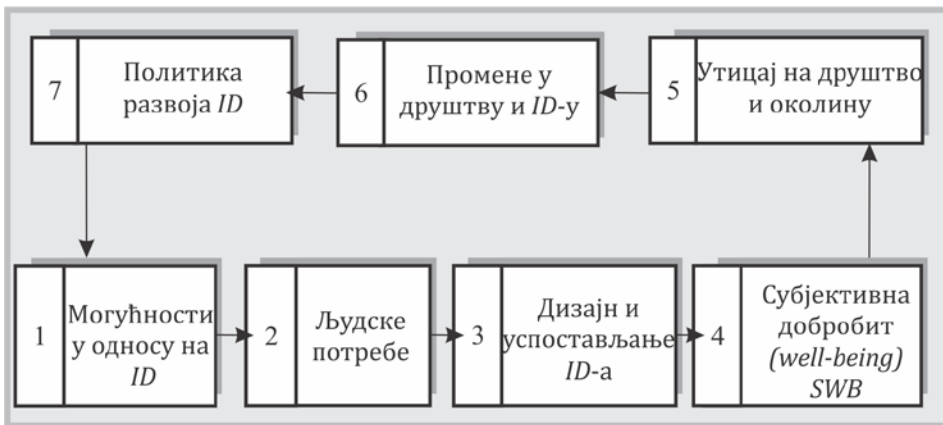
- циљ креирања нових радних места и задржавање људи у региону/дистрикту,

- формалну сарадњу између три тима партнера: 1) из високо образованих институција, 2) из истраживачке индустрије у јавном и приватном сектору и 3) из приватних предузећа,
- географски фокус на инвестирање и унапређење одређене локације за иновациони дистрикт,
- ојачавање и убрзавање конкурентности,
- фокусирање на специјалне типове индустрије.



Слика 13.14 Одлучивање у процесу дизајнирања ID-а

Када се анализирају постојећи иновациони дистрикти, полази се од захтева стејхолдера у погледу пословних захтева, захтева корисника, функционалних захтева, захтева за перформансама, захтева за квалификацијама, знањем и вештинама, захтева процеса, захтева за логистичку подршку, захтева окружења, захтева система, итд. Применом концепта квалитета може се дизајнирати иновациони дистрикт, што је представљено на слици 14. Индустијски дистрикти значајно утичу и на квалитет живота (енгл. *Quality of Life - QoL*). На слици 13.15 приказана је веза између ова два приступа.

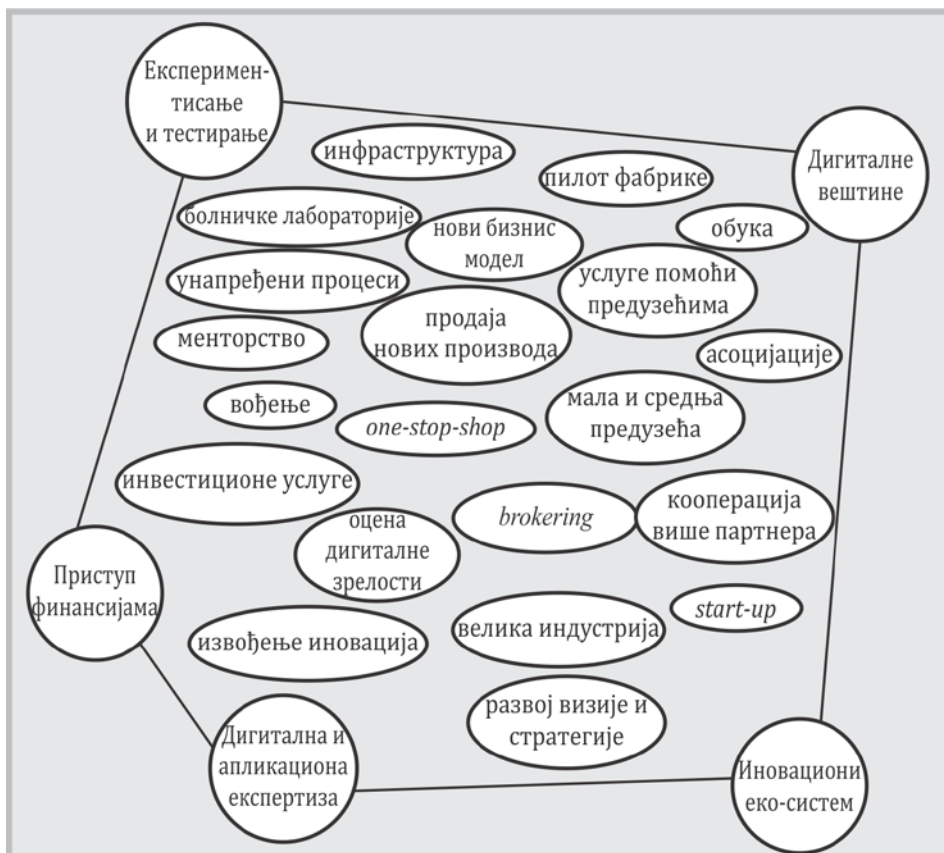


Слика 13.15 Интегрисани модел ID/QoL

Може се закључити да иновациони дистрикти пружају баланс између иновативности у једном региону (повезивање у мреже са другим иновационим субјектима), квалитета живота у региону и концепта паметног региона. Као мање организационе јединице, које егзистирају на нивоу иновационог дистрикта (али и самостално), могу се идентификовати *hub*-ови.

Иновациони *hub* сачињен је од система који повезује појединце, фирме, стартапове, инкубаторе и акцелераторе како би иновативне идеје претворили у технолошки изводива решења (*Wu & Lantz, 2017*). Узимајући у обзир природу дигиталних технологија и могућност умрежавања различитих ентитета у заједницу, структура дигиталног иновационог *hub*-а је представљена на слици 13.16 (Извештај Министарства економије у Јапану, 2018). Упркос комплексном изгледу,

у оквиру функционисања, дигитални *hub*-ови теже ефикасном остварењу циљева.

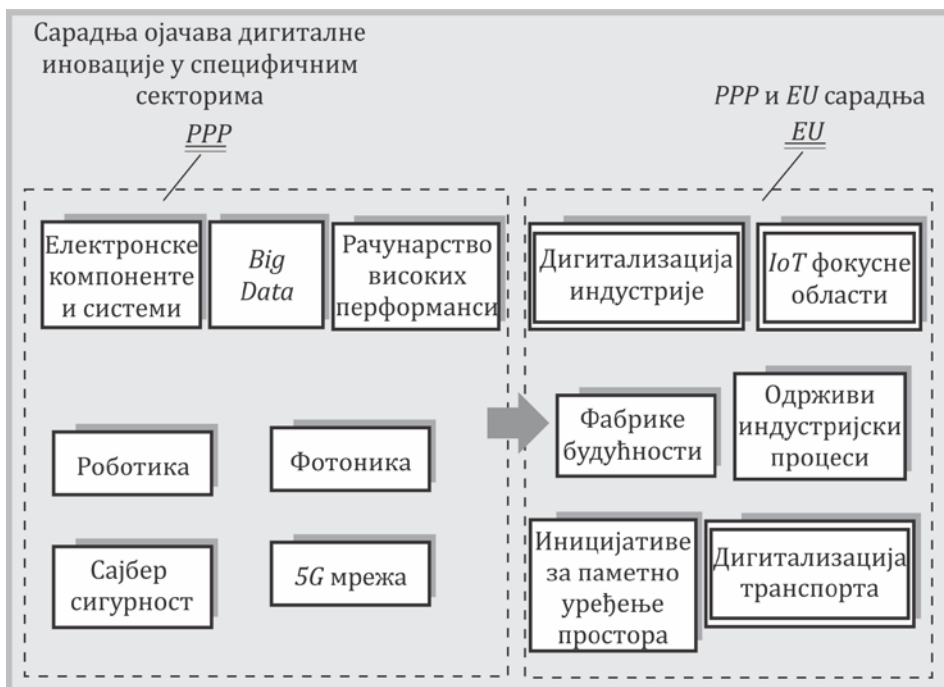


Слика 13.16 Кључни елементи и услуге иновационог *hub*-а

Развој дигиталних *hub*-ова је веома подржан у ЕУ кроз различите облике партнерства и постојеће стратегије (енгл. *Digitalising European Industry Strategy-DEI*) у јавно-приватном партнерству (енгл. *Public-Private-Partnership-PPP*). Производна предузећа и производни системи налазе место у дигиталним иновационим *hub*-овима преко велике индустрије, нових бизнис модела, пилот фабрика, малих и средњих предузећа и сл. На слици 13.17 приказани су начини и облици сарадње у овој области подстицајем иновативности.

Овај концепт сарадње је „природно“ повезан са концептом Индустрија 4.0 и обухвата и *lean* иновације, базиране на концепту

стварања вредности (енгл. *value creation*). Ту је основни циљ да се ефективно (на време) и ефикасно (са минималним губицима) оствари нова вредност кроз инжењерске активности.



Слика 13.17 Облици сарадње у ЕУ

Ако је у питању *lean* иновативност, то практично значи да се иновациони процес одвија континуално, без прекида и остварује постављене циљеве.

Облици сарадње свих постојећих ентитета који се баве иновацијама, укључујући и производна предузећа и њихове производне система, често могу за исход да имају друштвене иновације. Друштвене иновације су повезане са концептом колективне интелигенције и ко-креације друштвених добара (*Peters & Heraud, 2015*). Оне могу да се односе на било коју новину или корисно решење друштвених потреба или проблема, које је боље од постојећег приступа (нпр. ефектније, одрживије) и за које је већа креирана вредност, како за друштво, тако и појединце (*Resman et al., 2019*). У складу са тим, друштвене иновације се враћају на концепт „отворене иновације“ и „иновације заједно“, односно ко-креацију и ко-продукцију

у јавном сектору. У овом процесу значајну улогу има колективна интелигенција. Она почива на сарадњи, заједничким напорима и компетентности појединаца, а њен утицај се најбоље огледа у доношењу одлука консензусом.

Питања за обнављање градива

1. Објаснити утицај интерних и екстерних фактора на менаџмент технологијама и иновацијама.
2. Објаснити везе између производних система и креативне и културне индустрије - паметне иновације.
3. Које категорије иновација постоје?
4. Које су екстерне и интерне стратешке интеракције у менаџменту иновацијама?
5. Објаснити фазе вредновања и контроле иновација.
6. Који су кључни елементи у систему менаџмента иновацијама?
7. Објаснити повезаност иновативности и паметне специјализације.
8. Описати активности које се спроводе у иновационим центрима.
9. Шта су “живе лабораторије” и како функционишу?
10. Објаснити функционисање иновационог дистрикта и дигиталног иновационог *hub*-а.

Литература

1. BAEKER, Greg, MURRAY, Glen, *Creative City Planning Framework. A Supporting Document to the Agenda for Prosperity: Prospectus for a Great City*. Prepared for the City of Toronto by AuthentiCity, February 2008.
2. BRUTON Garry, WHITE Margaret, *Strategic Management of Technology and Innovation, Second Edition*. South-Western Cengage Learning, Canada, 2011.
3. PETERS, Michael A.; HERAUD, Richard. Toward a political theory of social innovation: collective intelligence and the co-creation of social goods. *Journal of Self-Governance & Management Economics*, 2015, 3.3.
4. RESMAN, Matevž, et al. A new architecture model for smart manufacturing: A performance analysis and comparison with the RAMI 4.0 reference model. *Adv. Prod. Eng. Manag*, 2019, 14: 153-165.
5. RIS3CAT, Research and innovation strategy for smart specialization in Catalonia, 2017.
6. RUBENSTEIN, Albert H. At the front end of the R&D/innovation process: idea development and entrepreneurship. *International Journal of Technology Management*, 1994, 9.5-7: 652-677.
7. SACRAMENTO CENTER FOR INNOVATION SPECIFIC PLAN. Adopted by the Sacramento City Council on Month XX, 2013.
8. STEEN, Kris; VAN BUEREN, Ellen. The defining characteristics of urban living labs. *Technology Innovation Management Review*, 2017, 7.7.
9. WU, Ka Yan; ERIKSSON LANTZ, Christofer. Building and managing an innovation hub: A case study of the challenges and opportunities faced by a Northern Swedish innovation hub. 2017.
10. Извештај Министарства економије у Јапану, 2018. - The Ministry of Economy, Trade and Industry (METI), 2018. New Industrial Structure Vision, Japan.

Поглавље 14.

ИНДУСТРИЈА 4.0 И ПРАВЦИ РАЗВОЈА ПРОИЗВОДНИХ СИСТЕМА

Циљеви	Структура поглавља
После читања овог поглавља бићете оспособљени да:	
1. Објасните потребу за унапређивањем производних система	14.1 Потреба за унапређивањем
2. Објасните значај производних система у Индустији 4.0 и њихову повезаност	14.2 Индустија 4.0 и паметни производни системи
3. Објасните проблеме које је потребно решити у Индустији 4.0 и правце развоја	14.3 Изазови Индустије 4.0 и правци развоја

14.1 Потреба за унапређивањем

Једно од решења у производњи које треба да се развија после 2020. године представља паметан производни систем (*Kronos, 2020*) при чему девет од десет компанија са лидерском позицијом очекује годишњи раст од 5% током наредних пет година. Изазови на тржишту су бројни, а посебно су изражени:

- променљивост тржишта,
- трошкови материјала,
- притисак од стране тржишта да предузеће смањи цене,
- трошкови рада,
- трошкови транспорта и
- логистике.

Поред наведених, као посебна група, могу се идентификовати изазови који се намећу кроз законодавство, а тичу се регулатива у области животне средине и потребних ресурса, пословних активности, глобалне конкурентности, глобалног гео-политичког притиска и сл.

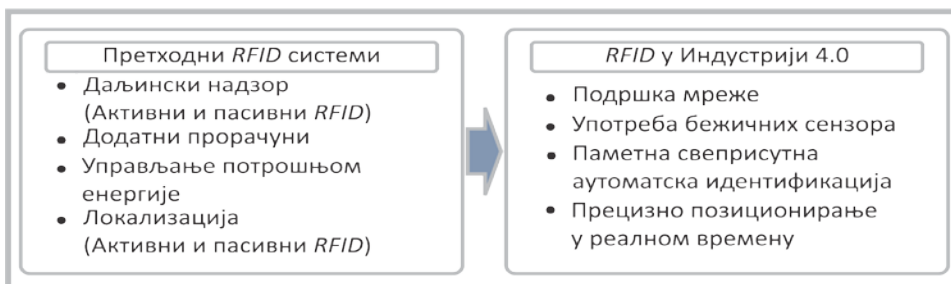
У зависности од адаптације и потенцијалног одговора предузећа, реално је очекивати да се створи разлика у конкурентности предузећа, што може да се оствари кроз смањење времена циклуса развоја нових производа, промену структуре трошкова, смањење водећег времена од наручивања до испоруке, брзину доношења одлука и сл. Тренутно се као технолошки приоритети за истраживање намећу висока продуктивност, брзи одговор на захтеве купаца, боља сарадња са купцима и добављачима, унапређење тржишне вредности и ефективнија комуникација са купцем. Производни системи на ове изазове у будућности треба да одговоре на различите начине.

У домену производње, једно од могућих решења је развој паметних предузећа и паметне производње (*Kusiak, 2017*). У томе значајну улогу има смањење времена развоја производа и посебно боље разумевање потреба купаца/тржишта, брза израда прототипова, и флексибилна аутоматизација. Такође, позитивно може да утиче и

развој модуларног дизајна и апликација за менаџмент производа у животном циклусу, као и унапређење виртуелне производње. Као резултат ових изазова очекује се знатно повећање прихода и боља запосленост у привреди. Анализом досадашњих истраживања (KPMG, 2019) истакнуто је 10 водећих технологија за трансформацију развоја које су карактеристичне за концепт Индустије 4.0 (енгл. *Industry 4.0*):

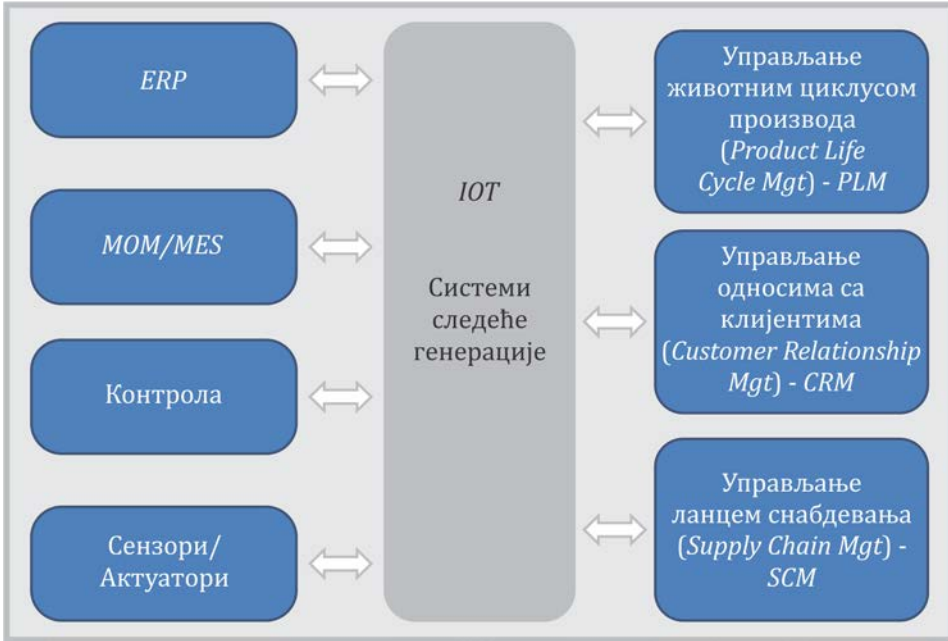
- 1) *Internet of Things (IoT)*,
- 2) роботизована аутоматизација процеса,
- 3) вештачка интелигенција (*Artificial Intelligence - AI*), машинско учење,
- 4) *blockchain* технологије и виртуелни новац,
- 5) роботика и аутоматизација,
- 6) проширена реалност (*augmented reality*),
- 7) виртуелна реалност,
- 8) социјална начела и колаборативне технологије,
- 9) биотехнологија, дигитално здравље, генетика,
- 10) платформе по захтеву ка тржишту.

Применом поменутих технологија може се остварити унапређење ефикасности пословања, пораст профитабилности, диференцирање производа/услуга, аутоматизација пословних процеса, пораст учешћа на тржишту. Ефикасна примена нових технологија се може остварити транзицијом од традиционалне ка напредној, нпр. од традиционалне употребе *RFID* система ка употреби у *IoT (IoT - Internet of Things)* и Индустији 4.0 (слика 14.1).



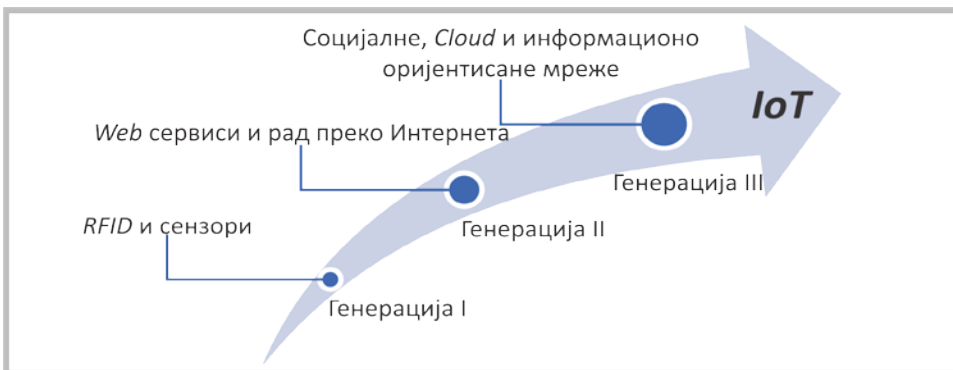
Слика 14.1 Развој *RFID* система у правцу Индустије 4.0 (Elbasani et al., 2020)

У овом концепту значајну улогу има *Industrial Internet of Things (IIoT)*, који служи као веза између интерних и екстерних процеса који се реализују у самом предузећу и у његовом окружењу (слика 14.2).



Слика 14.2 IIoT као веза између интерних и екстерних процеса

Еволуцију IIoT-а током три генерације, као што је приказано на слици 14.3, карактерише употреба кључних технологија, које су довеле до значајних унапређења у структури производних процеса и производа.



Слика 14.3 Еволуција IIoT-а (Elbasani et al., 2020)

Циљеви прве генерације *IoT* су идентификовање и комбиновање података о објектима (тј. обележеним производима) остварени помоћу *RFID* тагова и сензора повезаних помоћу бежичних сензорских мрежних система са рачунарима производних информационих система, тако да је остварена комуникација машине-са-машином у индустрији.

Циљ друге генерације јесте потпуно повезивање ствари и управљања стварима преко *Web*-а (енгл. *Web of Thing - WoT*), помоћу *TCP/IP* протокола и *WoT* технологија за интегрисање уређаја у мрежу. Трећа генерација *IoT*-а је доба укључивања социјалне компоненте у поступке *IoT*-а, рачунарства у облаку и умрежавања заснованог на информацијама потребних за *IoT*. Ова генерација се фокусира на стварање заједнице интелигентних објеката, употребом технологије рачунарства у облаку за складиштење података, различитим облицима комуникационих технологија и различитим могућностима обраде података.

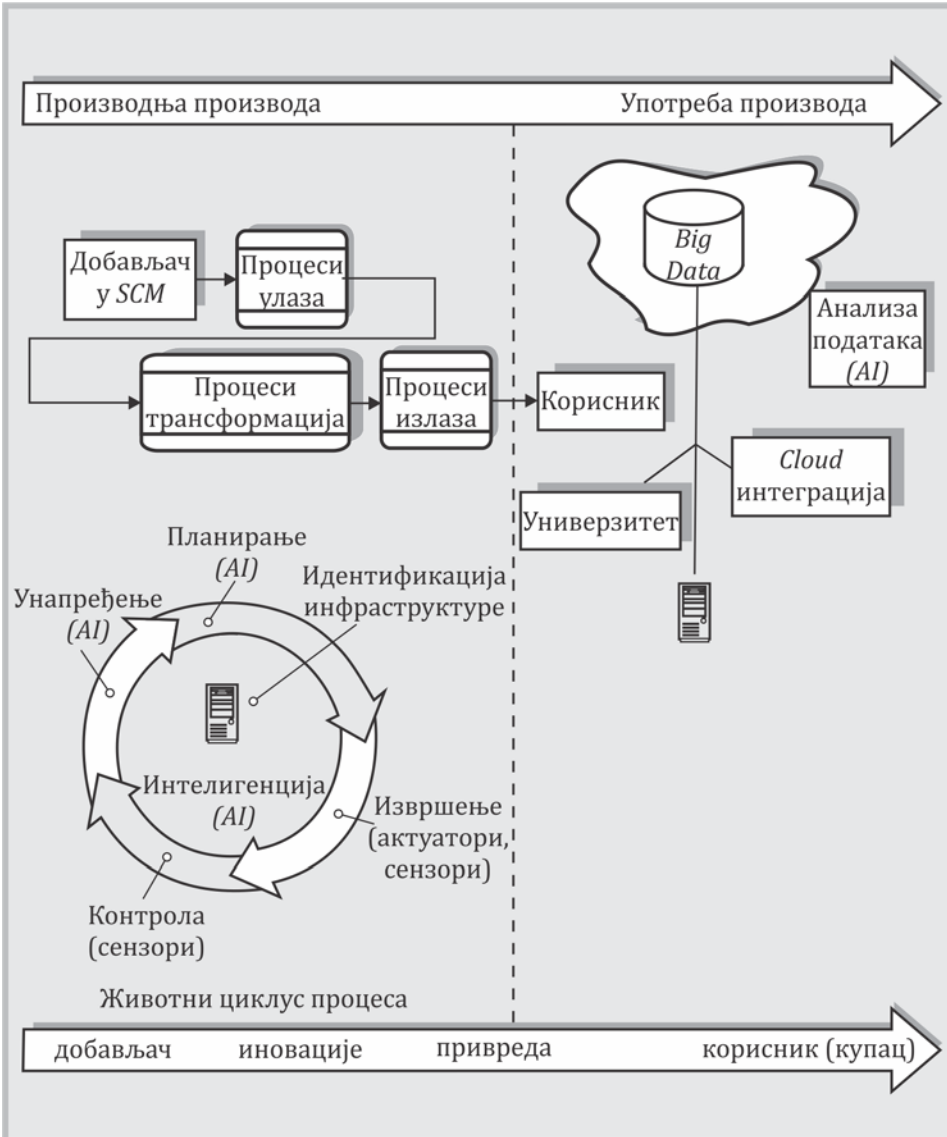
Индустрија 4.0 користи *RFID* системе и мрежу за интеграцију физичких уређаја у мрежу у току процеса производње. *RFID* је једна од основних технологија у Индустрији 4.0. Производни системи засновани на *RFID* технологијама постижу: флексибилну производњу и висок ниво транспарентности података.

14.2 Индустрија 4.0 и паметни производни системи

Паметни производни систем обухвата следеће процесе (*Burke et al.*, 2017) који су подобни за дигитализацију, при чему исти функционише у оквиру основног модела Индустрије 4.0 (*Schmidt*, 2015) (слика 14.4):

- производња (*manufacturing operations*),
- управљање складиштењем (*warehousing operations*),
- менаџмент залихама (*inventory tracking*),
- менаџмент квалитетом (*quality*),

- одржавање (*maintenance*),
- заштита животне средине, здравље и безбедност (*environmental, health and safety*).



Слика 14.4 Основни модел Индустије 4.0 (Schmidt, 2015)

Узимајући у обзир пословне процесе, може се рећи да је за паметну производњу карактеристична дигитализација, хетерогеност,

скалабилност, аутономија, адаптабилност, робусност уз флексибилност и способност повезивања. Поред тога, паметна производња се може описати још уз потпуну аутоматизованост, интероперабилност, агилност, тачност и способност брзог одговора на пад перформанси (*resilience*).

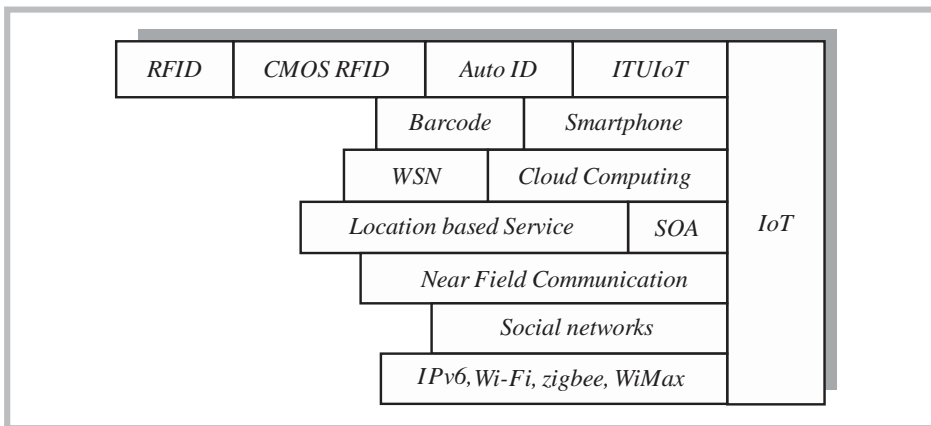
На основу анализе тренутног стања у пракси, листа технологија примењивих код паметних производних система обухвата интелигентне системе, интелигентну контролу (управљање), енергетску ефикасност, *cyber* сигурност, холограме, *big data*, предвиђање, машинско учење, итд. На основу претходног утврђени су критеријуми паметних решења за индустрију 4.0 (слика 14.10).

Критеријуми на којима се заснива основни модел Индустрије 4.0 и паметна индустрија су интероперабилност, виртуализација, децентрализација, способност рада у реалном времену, оријентација на услуге и модуларност (*New Industrial Structure Vision*, 2018). Паметна индустрија, изражена кроз концепт Индустрије 4.0, има потенцијале за креирање паметних производа (*Ezell*, 2016). Овај приступ је наставак ранијег концепта *CIM* (*Computer Integrated Manufacturing*) у правцу већег коришћења сензора, вештачке интелигенције и паметних иновација, тако да се поред производа посматра и аспект употребе производа у његовом животном веку.

Потенцијалне користи од коришћења концепта Индустрије 4.0 су:

- скраћење времена производње,
- решавање проблема комплексности пословања,
- виши ниво аутоматизације производње,
- масовна кастомизација,
- рад са великом количином података и
- коришћење напредних *ICT* и производних технологија.

Стање и будући трендови концепта Индустрије 4.0 почивају у великој мери на напредним технологијама као што је *IoT* (слика 14.5) а анализирани су у [8.12.ц]. На слици 14.5 приказане су технологије и уређаји који се користе за подршку *IoT*.



Слика 14.5 Технологије и уређаји за подршку IoT (Xu et al., 2018)

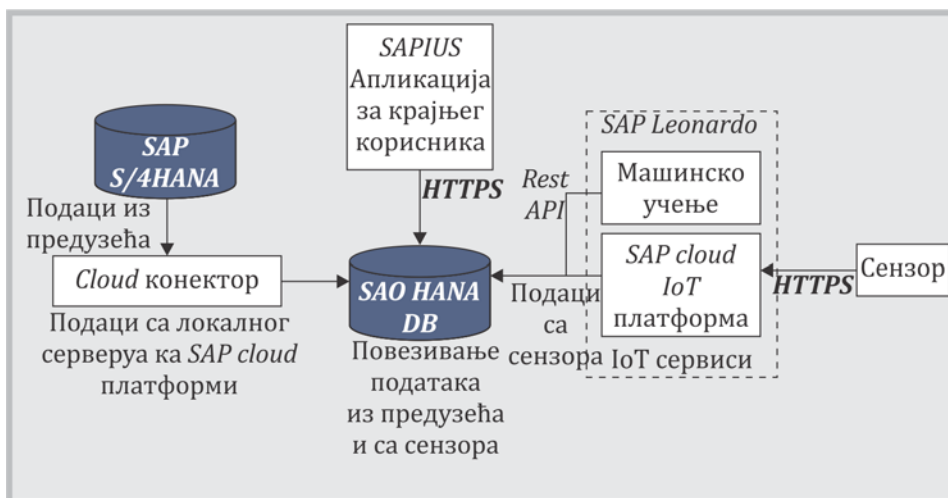
IoT је настала после 2009. године и била је заснована на повезаности ствари, обради сигурних догађаја, и мрежној инфраструктури са могућностима само-конфигурисања.

Касније се развијала у процесу *Cyber Physical System (CPS)* и такозваних брзорастућих (*Emerging new*) ICT.

IoT платформа и ERP системи

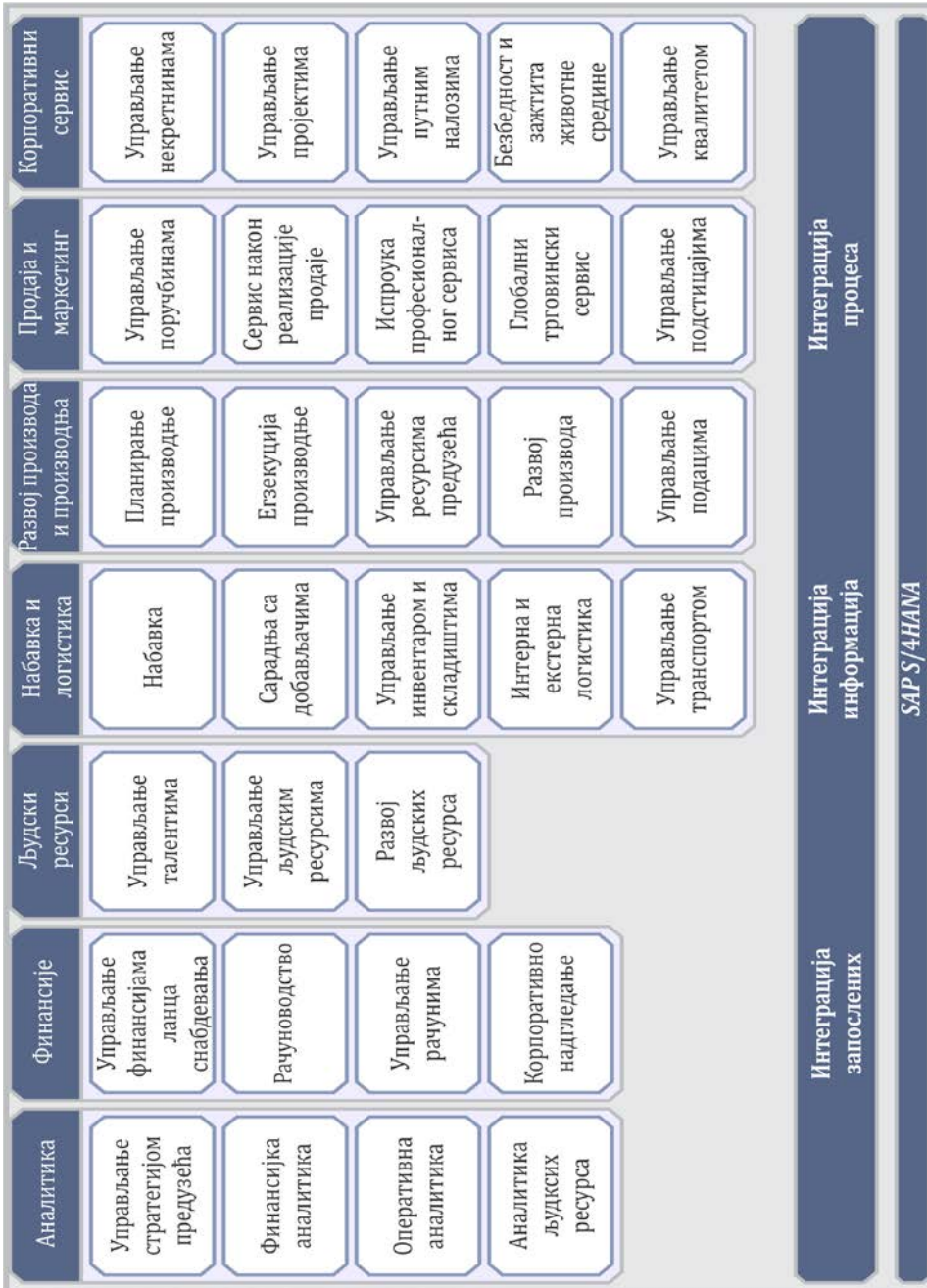
Тренутно препознатљиво решење у области ERP система - SAP S/4HANA развија се у складу са захтевима Индустије 4.0. Тако да пружа подршку концепту управљања стварима преко Интернета, тј. IoT концепту. Услуге SAP S/4HANA IoT концепта дизајниране су тако да омогуће и подрже имплементацију IoT апликација. Ове услуге пружају интерфејсе за регистрацију уређаја и њихових специфичних типова података, слање и складиштење података у базу података која ради на SAP HANA cloud платформи и омогућавају лак приступ похрањеним подацима. Услуге IoT подржавају репликацију и синхронизацију података који се налазе на удаљеним базама података у консолидовану SAP HANA базу података у cloud-у. На пример, могу се објединити подаци са сензора из удаљених база података и могу се креирати аналитичке апликације за њихову анализу и надгледање. У контексту IoT-а, SAP HANA cloud платформа пружа могућности за обраду података великог обима са било које врсте рачунара, уређаја или сензора, а затим комбинује ове информације са трансакцијским подацима из система записа или додатним информацијама са друштвених медија. Екстензија SAP S/4HANA IoT може да укључује IoT

и машинско учење заједно са другим компонентама проширења помоћу тзв. *SAP Leonardo IoT* основе; могућа архитектура таквог проширења изгледа као на слици 14.6.



Слика 14.6 Архитектура SAP S/4HANA IoT екстензије (Baumgartl et al. 2016)

Ова врста проширења користи се за управљање сензорима и подацима који долазе из сензора. Помоћу *SAP S/4HANA IoT* могу се обављати следеће активности (слика 14.7): (1) копирање локалних податка на *SAP Cloud* платформу применом *SAP Cloud* конектора, (2) подешавање типова *IoT* порука и регистровање сензорских уређаја, (3) повезивање *IoT* сервиса са *SAP HANA Cloud*-ом, (4) креирање *HTTP* протокола за *IoT* сервисе и *SAP HANA* сервисе података, (5) подешавање *HTTP* протокола за приступ сервисима за машинско учење, (6) употреба локалних података сачуваних у *SAP HANA* базама података, које се налазе на *SAP Cloud* платформи, (7) примена одговарајуће сервиса за машинско учење *SAP Leonardo*, како би се додао слој вештачке интелигенције у оквиру апликативног слоја, (8) развој корисничког интерфејса у веб окружењу за приказ неопходни пословних података, (9) интеграција свих екстензија у *SAP Fiori* апликацију.

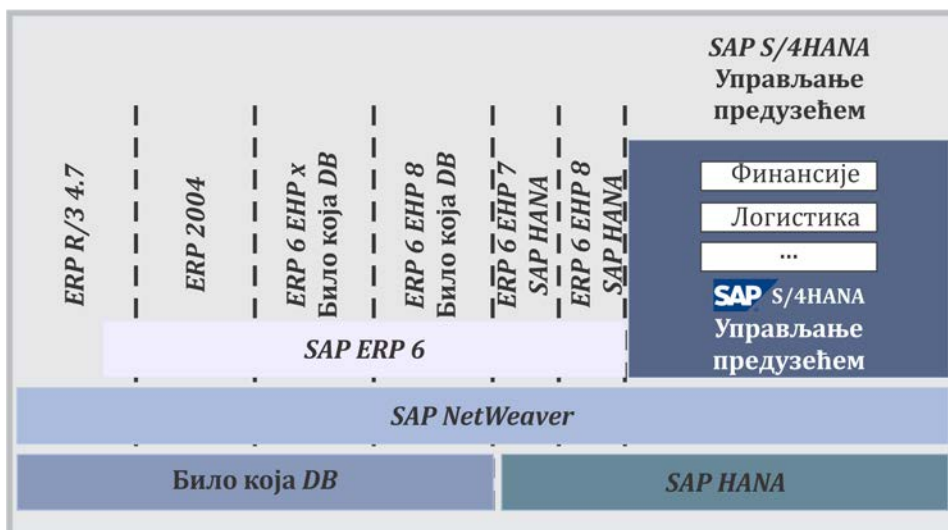


Слика 14.7 SAP ERP модули (преузето са веб странице: <https://www.oreilly.com/library/view/accounting-information-systems/9781118162309/c15-4.html>)

На слици 14.8 приказане су верзије развој *SAP ERP* решења почев од *SAP R/3* верзије 4.7, коју је могуће користити са било којом базом података.

У следећој фази, дошло је до развоја *mySAP ERP 2004* како би се ишло у корак са процватом употребе Интернета и додатно прошириле могућности пословања између организација (енгл. *Business-to-business - B2B*) и између организација и тржишта.

До појаве *SAP ERP 6.0*, *SAP*-ов софтвер је било могуће користити са било којом базом података, али за нове функционалне могућности као што је модул за финансије *SAP S/4HANA Finance 1.0*, неопходно је користити *SAP HANA* базу података. Дигитална платформа која је доступна са *SAP S/4HANA* развијено као потпуно нови производ представља основу дигиталне трансформације.



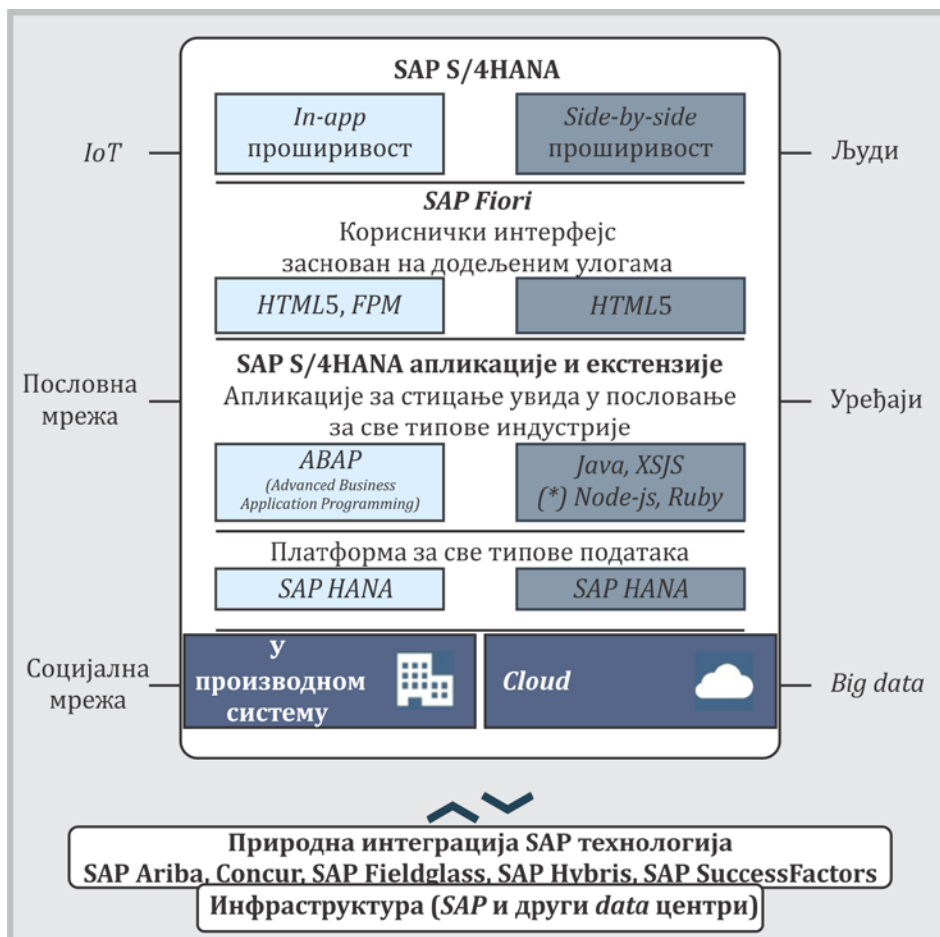
Слика 14.8 Верзије *SAP ERP* и *SAP S/4HANA* и употреба база података (преузето из: Baumgartl et al. 2016)

Потребно је истаћи да *SAP S/4HANA* представља засебну нову линију производа која се развија независно од традиционалне *SAP ERP* линије производа. Међутим, подршка за линију производа *SAP ERP* ће корисницима бити доступна до 2025. године, када се завршава стандардно одржавање традиционалног *SAP ERP*-а.

SAP S/4HANA у односу на традиционалне верзије *SAP ERP* решења поседује следеће предности: (1) систем приказује вредности у реалном

времену са КПИ-овима чије се вредности тренутно освежавају, (2) повећана је транспарентност, док се значајно смањује количина залиха која мора бити складиштена, (3) фокус се ставља на управљање изузетима у предвиђању потребног нивоа залиха, а не на стандардне процесе.

Тренутно стратегија SAP јесте развој технологија за *cloud* (енгл. *cloud first*) (Слика 14.9).



Слика 14.9 SAP S4/HANA и употреба база података (преузето из: Baumgartl et al. 2016)

Будући да се решења у *cloud*-у могу брже иновирати и испоручити корисницима, нове функционалности се углавном прво имплементирају у *cloud*-у, а затим и на локалним корисничким

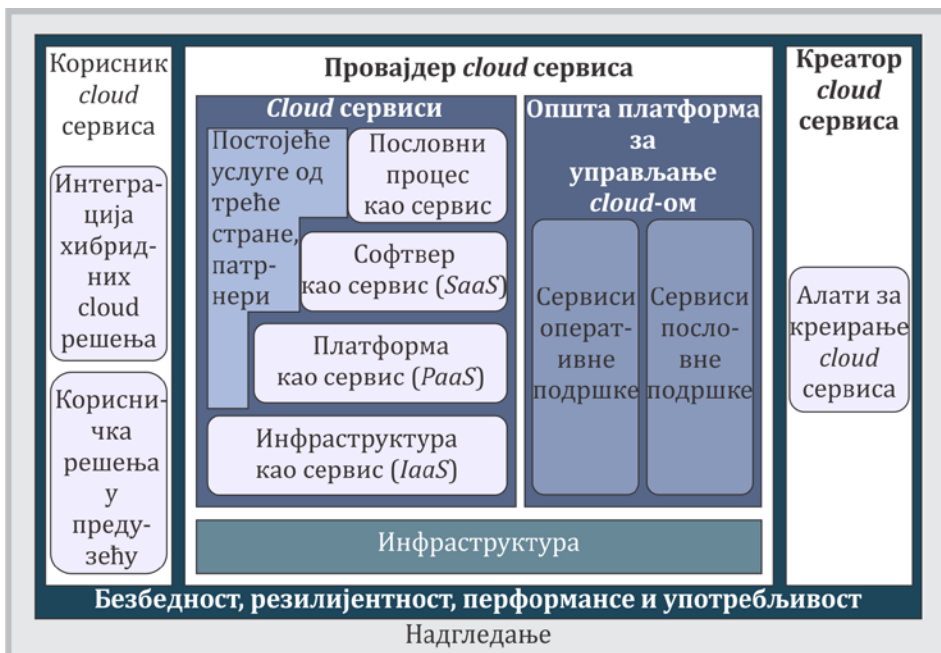
серверима. *SAP S/4HANA*, за локалне сервере, се имплементира и унапређује новим функционалностима на годишњем нивоу, док се код *SAP S/4HANA* у *cloud*-у најновије функционалности и садржаји имплементирају квартално. Различите верзије софтвера варирају у обиму својих функционалности и имају различите намене. *SAP S/4HANA* постављен на локалном серверу поседује сличне функционалност као и верзије *SAP ERP*-а са једноставнијим карактеристикама у областима финансија и логистике.

Концепти *cloud* решења

Посматрана је референтна архитектура рачунарства у облаку *Cloud Computing Reference Architecture*-а (тренутно на *CCRA 4.0*) коју је дефинисао *IBM*. Слика 14.10 даје преглед ове референтне архитектуре.

На основу дефинисане архитектуре могу се уочити следећи концепти рачунарства у облаку.

Инфраструктура као услуга (енгл. *Infrastructure-as-a-service - IaaS*). *IaaS* је понуда којом се информационе технологије могу користити у *cloud*-у помоћу хардверских ресурса као што су сервери и мреже у власништву провајдера *IaaS* платформе. Корисници могу добити потребну количину хардверске инфраструктуре која се обезбеђује врло брзо и на захтев. Закуп неопходне хардверске инфраструктуре може варирати у току времена, у зависности од потреба корисника. Обично за дефинисање неопходне хардверске инфраструктуре постоје веб кориснички интерфејси (корисничка интерфејси), где корисници могу дефинисати своје захтеве и самостално осигурати хардверску инфраструктуру. Употреба рачунарских интерфејса (енгл. *Application programming interface - API*) такође се може понудити као опција. Једноставно речено, ова услуга пружа место (хардвер) за покретање корисничких апликација. На пример, многи корисници информационих технологија користе *IBM IaaS* центре података.



Слика 14.10 Архитектура SAP S4/HANA cloud решења (преузето из: Baumgartl et al. 2016)

Платформа као услуга (енгл. *Platform-as-a-service* - *PaaS*). *PaaS* концепти, поред хардверске инфраструктуре, укључују компонентну и интегрисану платформу за развој апликација која омогућава да се моделирају постојећи вишеслојни апликативни инфраструктурни обрасци (*middleware*). Платформа представља апликативне обрасце у виду сервиса који су приказани у кориснику доступном каталогу. Стога *PaaS* корисницима пружа место да граде своје апликације без трошкова набавке инфраструктуре или инсталирања/надоградње најновијег пакета производа потребног за апликацију. Пример је платформа *SAP HANA* у *cloud*-у.

Софтвер као услуга (енгл. *Software-as-a-service* - *SaaS*). *SaaS* је софтвер који се испоручује и којим се управља на даљину, обично је у власништву једног или више добављача/провајдера. Провајдер софтвера испоручује стандардни софтвер заснован на скупу заједничких дефиниција кода и података. Овај софтвер има компоненте које се могу прилагодити захтевима корисника и обично ће у будућности имати нека побољшања и неке *API* интерфејсе за

повезивање са другим решењима. Софтвер се испоручује на основу дефинисаног уговора са корисником у било којем тренутку, на бази плаћања за употребу, или као претплата на основу метрике коришћења. Данас постоји неколико *SaaS* решења, укључујући *SAP SuccessFactors*, *Concur* и *SAP S/4HANA Cloud*.

PaaS и *SaaS* се тренутно развијају и користе у домену индустријских мобилних апликација и то у области система интеграције, одржавања, менаџмента током операција и контроле и унапређења активности.

14.3 Изазови Индустрије 4.0 и правци развоја

Индустрију 4.0 карактеришу потребни истраживачки изазови и правци развоја у области:

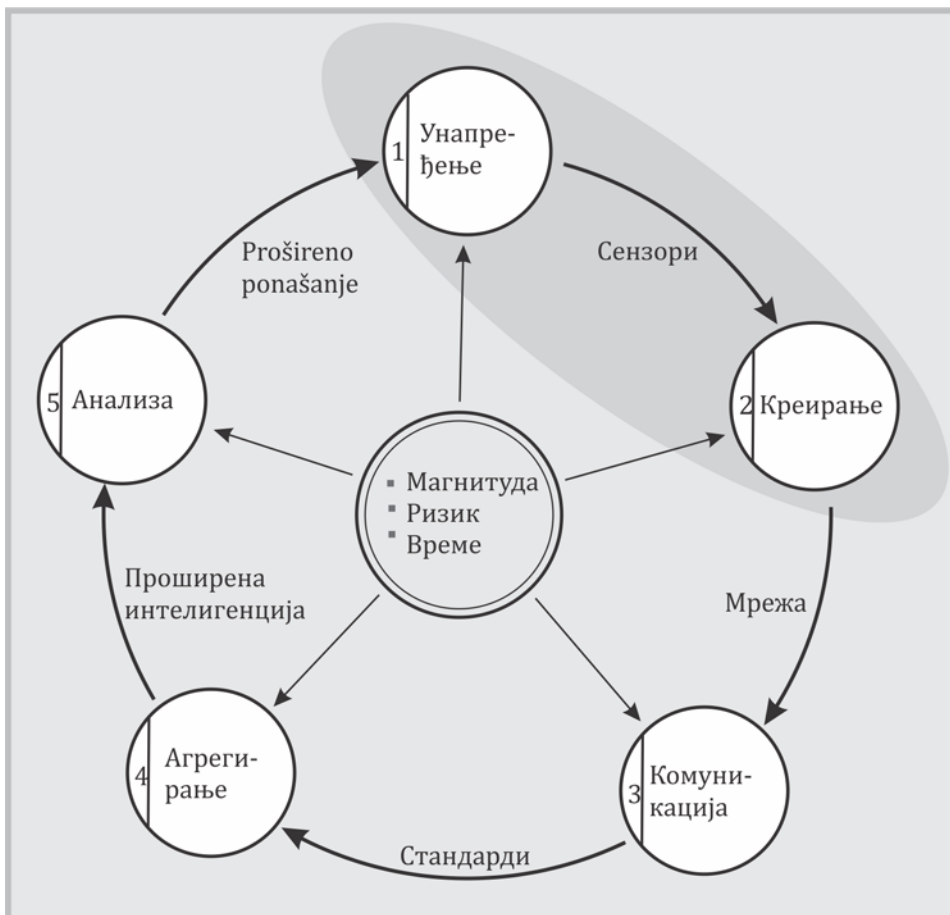
- технолошког развоја,
- стандардизације,
- информационе сигурности и заштите приватности и
- истраживачки трендови.

Индустрија 4.0 функционише тако што су производни системи међусобно повезани (*Sniderman et al., 2016*). На слици 14.11 приказана је петља вредности информација.

Посебно важна је веза унапређење – креирање, која се остварује преко сензора, односно везе облика “физичка-дигитална-физичка”.

У Индустрији 4.0 истакнути су следећи пословни циљеви:

- 1) пословне операције:
 - унапређење продуктивности,
 - смањење ризика,
- 2) раст пословања:
 - инкременталан раст прихода,
 - нови приход.



Слика 14.11 Петља вредности информација

У самој петљи вредности информација наглашена је веза унапређења пословања кроз креирање нове вредности, што почива на примени сензора. Сензори и комуникација се налазе у основи функционисања Индустије 4.0. Применом овог концепта омогућава се трансформација производа (табела 14.1). Под појмом трансформација подразумева се очување или унапређење постојећег нивоа квалитета, како у домену погодности за употребу, тако и у домену других перформанси. То се односи на безбедност употребе, масовну кастомизацију карактеристика производа и сл.

Табела 14.1 Могућности *Индустрије 4.0* за трансформацију производа

Утицај на производ	Потенцијал примене <i>ИОТ</i> апликације
Утицај на постојеће производе да буду паметнији	Додају се сензори и релације да би се унапредиле перформансе производа или безбедност, додају се везе са мобилне комуникације и напредни материјали
Добијање података од паметних технологија као производа или услуга	Пристап подацима и метаподацима генерисаним кроз постојеће пословне операције; прави се и продаје платформа са којом се управља подацима у предузећу; развијају се подаци индивидуално за сваког корисника
Развој потпуно нових производа и услуга	Врши се трошковно масовна кастомизација; остварује нова и хибридна иновација производа кроз напредне производне технологије; креирају се формати нових услуга и бизнис модели

Концепт *Индустрије 4.0* проширен је 2015. године на нови концепт: *Индустрија 5.0*. при чему је исти дизајниран на основу шест принципа (6R):

1. препознавање (*Recognize*),
2. поновно разматрање (*Reconsider*),
3. схватање (*Realize*),
4. редуковање (*Reduce*),
5. поновно коришћење (*Reuse*) и
6. рециклирање (*Recycle*).

Уз ове принципе је према *LED (Logistic Efficiency Design)* уграђено још три принципа и то 7. транспарентност (*transparency*), 8. распоређивање профита (*profit sharing*) и 9. ефикасност (*efficiency*).

Поставља се питање да ли је *Индустрија 5.0* прости наставак *индустрије 4.0* (Nikolic, 2018). Одговор је да је *Индустрија 5.0* с једне стране наставак претходног концепта 4.0, али и значајно нови јер се заснива на сарадњи људи и робота, подстиче креативност и хуманост

и генерално је више везана за друштвени амбијент. Зато није чудно што је у Јапану развијен концепт *Society 5.0*.

Може се рећи да Индустрија 5.0 има утицај на остале концепте квалитета живота и индустрије где се посебно истиче утицај (*Industry 5.0: Robotics and Automation in Industrial Applications*, 2018) на паметну пољопривреду, паметну роботизацију, паметни транспорт, паметну енергију, итд.

Компетенције потребне за Индустрију 5.0, посебно се налазе у области општих инжењерских технологија и производње (*Hill*, 2017):

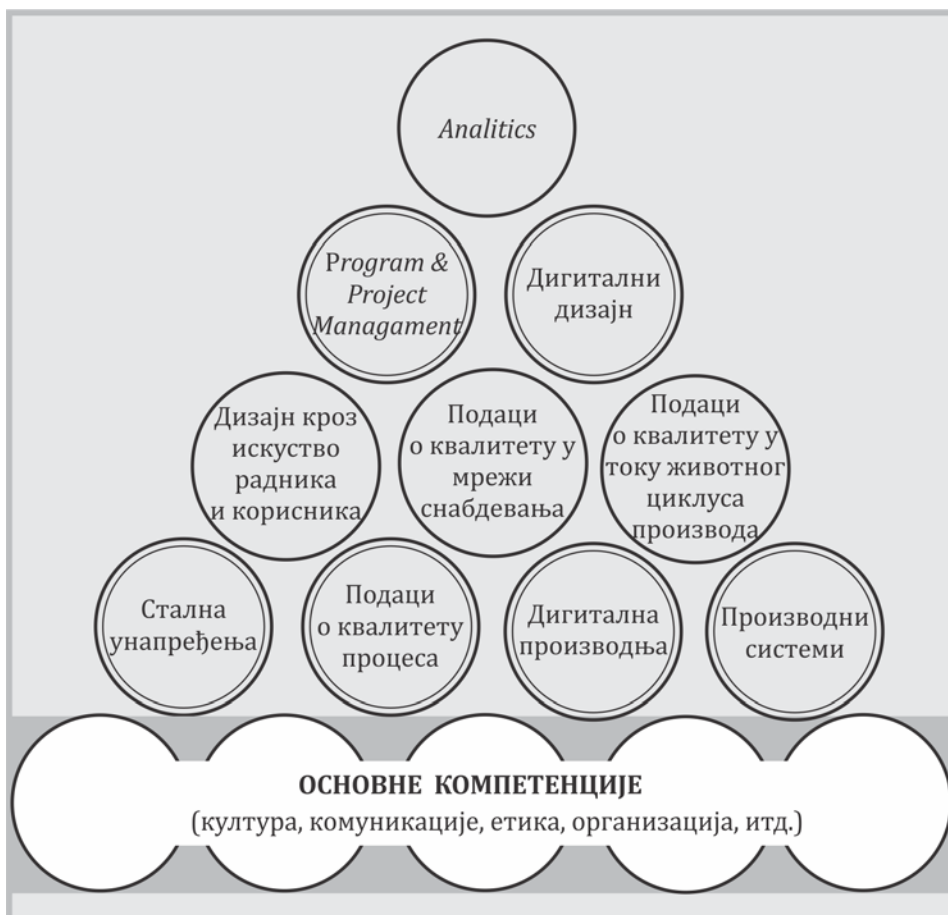
- повезивање глава и руку,
- разумевање како бизниса, тако и технологије,
- размишљати дедуктивно и експериментално,
- идентификовати и решити захтеве унапређења,
- разумети зашто су неке вештине важне као и технике,
- способност да се ради у различитим тимовима,
- вођење тима по принципу услужног лидерства (*service leadership*),
- комуникација која обухвата калкулацију, говор, писање и визуелизацију.

Радионица у будућности је место где интерни давалац посла не постоји. У концепту паметне индустрије велику улогу имају универзални паметни роботи (*Ostergaard, E., 2017*). Улога робота се мења. Они више нису намењени само за масовну производњу, већ у комуникацији са радником извршавају радне задатке.

Нове дигиталне индустријске улоге односе се на (*VISION, ManuFUTURE. 2030, 2018*): дигиталну производњу, дигитално предузеће, мрежу за снабдевање, дигиталну инфраструктуру, дигитални производ, дигитални дизајн, итд.

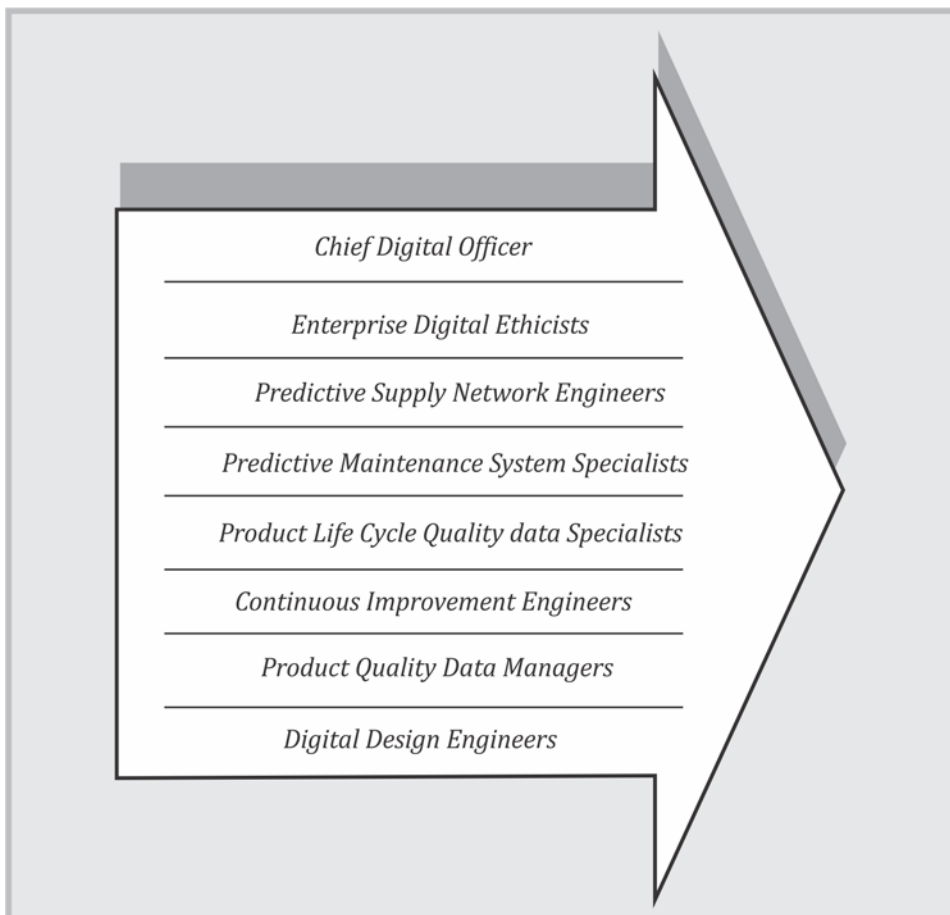
Свака од ових улога захтева нове компетенције и знања запослених. Такође, у дигиталној ери врши се даље померање ка захтевима квалитета (слика 14.12) са укупно великим бројем улога у једном систему.

У основи су базне компетенције запослених, а по принципу пирамиде компетенције за успешно укључивање у концепт *Industry 5.0*.



Слика 14.12 Компетенције за квалитет директно утичу на диференцирање и постављање вредности за друге улоге у систему DM & D (Ostergaard, E., 2017)

Да би остварио потребан ниво квалитета потребно је остварити нове дигиталне улоге (слика 14.13). У овом приступу квалитет се посматра као „шампион у објективности“ јер даје праву „слику“ за *Индустрију 5.0*. За његово мерење и праћење користе се оригинални подаци из процеса и ниво испуњености захтева стејкхолдера и то у читавом животног веку, уз стално иновирање производа и тестирање интегритета производа. Овде су истакнуте само улоге за област производње, које не обухватају остале улоге запослених у стварању вредности.



Слика 14.13 Нове дигиталне улоге за примену концепта Индустирија 5.0

У креирању ових нових дигиталних улога за Индустирија 5.0 концепт потребно је респектовати 9 фактора и то:

1. поверење,
2. сталност,
3. победнички дух,
4. колективитет,
5. диверзитет,
6. комуникативност,
7. стално учење,

8. занимљивост и

9. експериментисање.

Да би се достигао висок ниво професионализма у Индустрiji 5.0 потребно је да појединац буде свестан своје тренутне позиције, како у процесу, тако и у бизнис моделу. На основу тога треба да обавља функције у оквиру својих надлежности и одговорности, а посебно у остваривању перформанси и иновативности. Производни систем треба да изгради симбиозу и симбиотичке релације са окружењем, при чему појединци у производном систему остварују дигиталне лидерске улоге и креирају сопствени модел успеха.

Питања за обнављање градива

1. Објаснити због чега постоји потреба за унапређивањем производних предузећа и производних система.
2. Објаснити однос Индустије 4.0 и паметних производних система.
3. Како су повезани *IoT* платформа и *ERP* системи?
4. Објаснити концепте *cloud* решења.
5. Који су основни изазови Индустије 4.0?
6. Који су правци развоја Индустије 4.0?
7. Објаснити појам Индустије 5.0.

Литература

1. KUSIAK, Andrew. Smart manufacturing. *International Journal of Production Research*, 2018, 56.1-2: 508-517.
2. KRONOS, The Future of Manufacturing: 2020 and Beyond. White paper.
3. KPMG, The top 10 technologies for business transformation, 2019. White paper.
4. BURKE, Rick, MUSSOMELI, Adam, LAAPER, Stephen, HARTIGAN, Martin, SNIDERMAN, Brenna, *The smart factory, Responsive, adaptive, connected manufacturing, A Deloitte series on Industry 4.0, digital manufacturing enterprises, and digital supply networks*, 2017.
5. SCHMIDT, Rainer, et al. Industry 4.0-potentials for creating smart products: empirical research results. In: *International Conference on Business Information Systems*. Springer, Cham, 2015. p. 16-27.
6. NEW INDUSTRIAL STRUCTURE VISION, Ministry of Economy, Trade and Industry, Japan. (2018).
7. EZELL, Stephen. IoT and smart manufacturing. *Inform. Technology and Innovation Found*, 2016.
8. XU, Li Da; XU, Eric L.; LI, Ling. Industry 4.0: state of the art and future trends. *International Journal of Production Research*, 2018, 56.8: 2941-2962.
9. SNIDERMAN, Brenna, et al. Industry 4.0 and manufacturing ecosystems: Exploring the world of connected enterprises. *Deloitte Consulting*, 2016.
10. NIKOLIĆ, Gojko. Je li industrija 5.0 odgovor na industriju 4.0 ili njen nastavak?. *Polytechnic and design*, 2018, 6.2: 1-8.
11. ØSTERGAARD, Esben. Welcome to industry 5.0-the 'human touch' revolution is now under way. *Universal Robots white paper*, 2019.

12. INDUSTRY 5.0: Robotics and Automation in Industrial Applications, Cleantech Forum, San Francisco, Silicon Valley Bank. (2018).
13. HILL, Edward, *Manufacturing, Workforce and Public Policy Manufacturing 5.0*, The Ohio State University, John Glen College of Public Affairs and Ohio Manufacturing Institute, 2017
14. VISION, ManuFUTURE. 2030: A Competitive. *Sustainable and Resilient European Manufacturing, Report of the ManuFUTURE-EU High-Level Group*, 2018.

=====
CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

658.5(075.8)
005.3(075.8)

АРСОВСКИ, Славко, 1952-

Производни системи / Славко Арсовски, Александар
Алексић, Александар Ђорђевић. - Крагујевац : Факултет
инжењерских наука, 2021 (Крагујевац : ИнтерПринт). -
XXIV, 346 стр. : илустр. ; 25 cm

На врху насл. стр.: Универзитет у Крагујевцу. - Тираж 200.
- Листа коришћених скраћеница, страних речи и израза:
стр. XVII-XXIII. - Библиографија уз свако поглавље.

ISBN 978-86-6335-080-9

1. Алексић, Александар, 1983- [аутор] 2. Ђорђевић,
Александар, 1987- [аутор]
а) Производни системи б) Производња -- Управљање

COBISS.SR-ID 30098953

=====