



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A
ROBOTIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND
ROBOTICS

MES SYSTÉMY VE STROJÍRENSTVÍ

MES SYSTEMS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

IVA ŠTRUBLÍKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. SIMEON SIMEONOV, CSc.

BRNO 2008

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Akademický rok: 2007/08

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Štrublíková Iva

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Stavba výrobních strojů a zařízení (2302T019)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

MES systémy ve strojírenství

v anglickém jazyce:

MES systems

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

- o Zpracujte přehled MES systémů aplikovaných v ČR
- o Popište základní funkce a vlastnosti MES systémů
- o Rozpracujte systémový návrh inteligentních MES systémů
- o Navrhněte nové algoritmy a funkce MES systémů

Cíle diplomové práce:

- o Analýza MES systémů
- o Rozpracujte systémový návrh inteligentních MES systémů

Seznam odborné literatury:

- o U. Rembold and al., Computer Integrated Manufacturing and Engineering, ISBN 0-201-56541-2
- o R. Moore, Selecting the Right Manufacturing Improvement Tools, ISBN 10-7506-7916-6
- o M. Pinedo, Planning and Scheduling in Manufacturing and Services, ISBN 0-387-22198-0

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Simeon Simeonov, CSc.

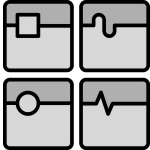
Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2007/08.

V Brně, dne 12.11.2007



Ing. Petr Blecha, Ph.D.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

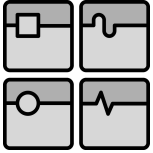
	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 1
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Abstrakt

Obsahem diplomové práce je popis funkcí a vlastností výrobních řídicích systémů – MES (Manufacturing Execution Systems), analýza těchto systémů implementovaných v České republice, rozpracování systémového návrhu inteligentního výrobního řídicího systému a nalezení nových algoritmů a funkcí, podle kterých mohou být tyto systémy tvořeny. Analýza MES systémů je provedena porovnáním implementovaných MES systémů s moduly výrobního řídicího systému dle MESA international. V systémovém návrhu je inteligentní složka tvořena automatickou analýzou vlivu zpoždění zakázek ve výrobě - automatické porovnávání Ganttových diagramů plánu versus skutečnosti. Podle nastavených systémových parametrů bude samostatně rozhodovat o přeplánování výroby. Hledání nových algoritmů a funkcí je prováděno v oblastech umělé inteligence – genetické algoritmy, holonické a multiagentní systémy, expertní systémy.

Klíčová slova

Výrobní řídicí systém MES - Manufacturing Execution System, analýza MES v ČR, systémový návrh inteligentního MES, operativní plánování, genetické algoritmy, holonické a multiagentní systémy, expertní systémy.







Abstract

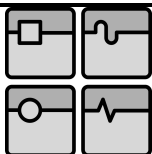
The content of the diploma thesis is a description of the functions and features of the production control systems - MES (manufacturing execution systems), an analysis of these systems implemented in The Czech Republic, an elaboration of the system proposal of an intelligent production control system and retrieving new algorithms and functions according to which these systems can be formed. The MES systems analysis is performed by comparing implemented systems to the modules of production control systems conformably to MESA international. In the system suggestion there will be the intelligent component formed by automatic analysis of the effect of the order delay in production - automatic Gantt chart comparison of the plan versus reality. According to the adjusted system parameters it will separately make decisions about production scheduling. Searching new algorithms and functions will proceed in the regions of artificial intelligence - genetic algorithms, holonic and multiagent systems, experts systems.

Key Words

MES - Manufacturing execution system, analysis, system design of intelligent MES, operative planning, genetic algorithm, holonic and multiagent system, expert systems.

		Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 3
		DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Štrublíková, I. MES systémy ve strojírenství. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 91 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Simeon Simeonov, CSc.



Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Str. 4

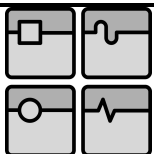
Místopřísežně prohlašuji, že jsem byla seznámena s předpisy pro DP a že jsem celou DP včetně příloh vypracovala samostatně. Ustanovení předpisů pro vypracování DP jsem vzala na vědomí a jsem si vědoma toho, že v případě nedodržení nebude vedoucím DP moje práce přijata.

Datum: _____

Podpis: _____

Obsah

1.	Úvod.....	6
2.	Základní funkce a vlastnosti MES	7
2.1.	Funkcionalita MES	8
2.2.	Rozdělení modulů na hlavní a podpůrné funkce	11
2.2.1.	Hlavní funkce MES	11
2.2.2.	Podpůrné funkce MES	15
2.3.	Architektura MES	17
2.3.1.	Možná architektura MES systémů.....	19
3.	Analýza MES v ČR.....	22
3.1.	Hodnocení zakázek	22
3.2.	Zhodnocení	38
4.	Systémový návrh inteligentního MES systému	42
4.1.	Základní návrh funkce a účelu systému.....	44
4.2.	Funkcionalita modulů	46
4.2.1.	Monitorovací modul	46
4.2.2.	Klientská aplikace.....	47
4.2.3.	Reporty o stavu výroby – výstupní sestavy	49
4.2.4.	Automatické porovnávání pomocí Ganttových diagramů	56
4.3.	Akceptační kritéria.....	58
4.4.	Výhody a přínosy systému.....	58
4.5.	Další moduly.....	59
5.	Operativní plánování výroby pomocí evolučních algoritmů	61
5.1.	Plánování výroby	61
5.2.	Evoluční algoritmy	62
5.3.	Genetický algoritmus.....	64
5.3.1.	Princip genetického algoritmu	65
5.3.2.	Operátor reprodukce – mutace a křížení.....	70
6.	Expertní systémy v MES	74
6.1.	Typy expertních systémů	74
6.2.	Charakteristické rysy expertních systémů	75
6.3.	Základní architektury expertních systémů.....	76
6.3.1.	Diagnostické expertní systémy	76
6.3.2.	Plánovací expertní systémy	77
6.4.	Příklad aplikace plánovacího expertního systému.....	78
7.	Distribuovaná UI a multiagentní systémy v oblasti průmyslové výroby.....	81
7.1.	Holonické systémy.....	81
7.1.1.	Holony	82
7.1.2.	Model holonického systému	83
7.2.	Multiagentní systémy.....	83
7.2.1.	Agenty.....	84
7.3.	Přínos holonických a multiagentních systémů.....	87
8.	Závěr	88
9.	Literatura.....	89
10.	Seznam použitých zkratk	90
11.	Přílohy.....	91



1. Úvod

Prostředí výrobních podniků se vyznačuje komplexností úloh na všech úrovních řízení. Jedná se o úrovně od strategického, taktického a operativního řízení výroby po fyzický výrobní systém. Pro efektivnost řízení je nutné použití informačních systémů na jednotlivých úrovních a jejich vzájemné propojení. V současné době jsou v podnicích implementovány řídicí systémy pro manažerské řízení podniku jako např. plánování podnikových zdrojů ERP a řídicí systémy pro automatizaci výrobních procesů nebo kontrolní systémy pro běh výroby. V diplomové práci se budu zabývat systémem, který propojuje manažerské řízení podniku a jeho vlastní výrobu. Tato práce začíná popisem systému (funkce a vlastnosti), jeho stavbou a prvky vyskytujícími se v jeho struktuře. Analýzou MES systémů implementovaných v České republice zjistím jejich skutečný stav a porovnáám jejich vlastnosti s vlastnostmi teoretického systému (moduly dle MESA). Tyto poznatky zhodnotím a vyvodím závěry z funkce a jejich přínosy pro podniky.

Hlavní částí diplomové práce bude vlastní systémový návrh inteligentních MES systémů. Návrh MES systému je prováděn v obecné rovině. Systém je rozdělen na klientskou aplikaci a monitorovací modul. Inteligence MES systému spočívá v jeho schopnosti automaticky porovnávat pomocí Ganttových diagramů časové odchylky ve výrobě a na základě nastavených parametrů samostatně rozhodne, zda výrobu přeplánuje. Další navrhovaná kontrola výroby bude probíhat pomocí vyhodnocených reportů a nastavených alarmů. Na jejich základě bude rozhodovat oprávněná osoba o dalším postupu ve výrobě. Plánování a přeplánování výroby bude prováděno pomocí genetického algoritmu.

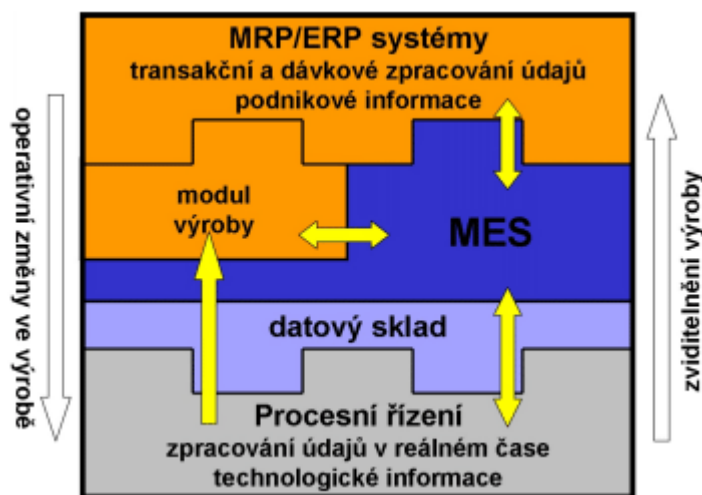
Posledním bodem v diplomové práci je hledání nových algoritmů a funkcí MES systému. Nové algoritmy a funkce jsem získala v nástrojích umělé inteligence, která se v posledních letech rozvíjí a přináší s sebou řadu nových funkcí. Závěrečná část práce se zabývá genetickými algoritmy, holonickými a multiagentními systémy a systémy expertními.

2. Základní funkce a vlastnosti MES

MES jsou systémy vyvinuté pro operativní plánování a řízení výroby, jejichž účelem je operativně poskytovat informace pro okamžité řízení a optimalizaci výrobních procesů. Pomáhají výrobním manažerům lépe využívat informace pro spouštění výrobního plánu. Jsou vhodné i pro nasazení do výroby, kde je již nasazený podnikový funkční systém ERP (Enterprise Resource Planning) z důvodu zefektivnění řízení a optimalizaci výrobních procesů podniku. Jedná se tedy o přímý integrovaný počítačový systém, který akumuluje metody a nástroje potřebné ke zdokonalení výroby.

Na rozdíl od klasických informačních systémů pracují s aktuálními daty v reálném čase, což jim umožňuje pružně reagovat jak na nestandardní stavy ve výrobě, tak i na okamžité požadavky obchodu a přizpůsobovat výrobní proces, aby byl co nejefektivnější. Vzhledem k podnikovým skupinám systémů vystupují MES současně jako zdroj i jako příjemce informací.

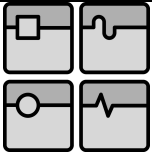
Výrobní informační systémy jsou efektivním nástrojem pro monitoring, řízení a vyhodnocení výrobního procesu v celé jeho komplexnosti. Byly vyvinuty k vyplnění komunikačních děr mezi výrobním plánovacím systémem (MRP – Manufacturing Resource Planning, MRP II, ERP apod.) a kontrolními systémy MCS (Manufacturing Control Systems) používaných k běhu zařízení na výrobní platformě. Před vývojem MES byly nástroje pro řízení výroby náročné na zpracování - složité ruční papírové zpracovávání informací a jejich částí jako jsou údaje ze statistického řízení procesu SPC (Statistical Process Control, doručování zpráv, nepřesné kontrolní zprávy a zprávy o zmetkovitosti apod. Podnikový systém i s implementovaným systémem MES je na obrázku (Obrázek 2.1).



Obrázek 2.1: Zobrazuje implementaci MES do podnikového systému mezi úroveň MRP/ERP a procesní řízení. [12]

Plnění výrobního plánu se spíše nedařilo a složitost celého procesu vedla k nutnosti propojení informací v rámci celého podniku. Bez propojení informací v podniku vznikaly tyto druhy problémů s upořádáním dat:

- data obvykle přicházela pozdě,
- data byla zřídka aktuální a spolehlivá,
- informace byly obsáhlé a extrémně složité ke srovnání,



- informace byly obvykle založeny na představách oddělení.

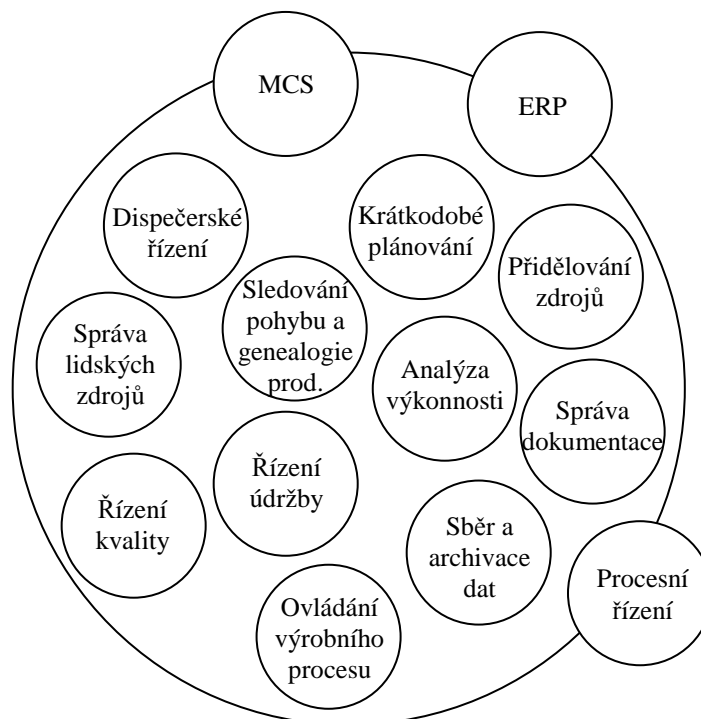
2.1. Funkcionalita MES

Funkcionalita MES pokrývá široké spektrum vlastností, které může systém obsahovat. Tyto výrobní informační systémy implementují dle požadavků asociace MESA obecně 11 funkčních oblastí. Řada funkcí se při realizaci systému v konkrétních podmínkách může navzájem překrývat, a naopak některé funkce nemusí být v konečné verzi zahrnuty vůbec. Výsledné řešení je vždy závislé na potřebách a požadavcích zákazníka.

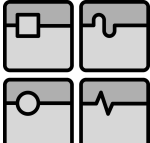
Asociace MESA (The Manufacturing Execution Systems Association) proto provedla studii o uživateli a nabídla následující seznam výhod z používání počítačově řízeného výrobního informačního systému:

- snížení výrobního času cyklu, snížení doby nutné k realizaci,
- snížení nebo eliminace doby zpracování vstupních dat,
- snížení rozpracovanosti (work in process),
- snížení nebo eliminace kancelářské práce,
- zlepšení jakosti výrobků,
- posílení růstu provozních techniků,
- zdokonalení plánování procesu,
- zlepšení zákaznického servisu.

Funkční model MES systémů podle MESA international:



Obrázek 2.2: Rozdělení modulů MES systémů dle asociace MESA.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 9
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

1. Krátkodobé plánování – operativní řízení výroby

Vizualizace stavů technologie slouží pro okamžitý přehled o provozním stavu jednotlivých strojů, výrobních linek a zařízení. Součástí jsou informace o provozních podmínkách ve výrobě, technologických parametrech ovlivňujících kvalitu výroby, údaje vztahené k výrobkům (cykly strojů, počty kusů), evidence prostojů nebo výluk zařízení při seřizování strojů. To umožňuje tvorbu krátkodobých (např. denních) výrobních rozvrhů zohledňujících sekvence výrobních operací a jejich rozvržení mezi jednotlivá výrobní zařízení tak, aby se předešlo zbytečnému přestavování, prostojům, aby byla minimalizována spotřeba energie, omezeny dopravní operace apod. Jde o konečný rozvrh, beroucí v úvahu alternativní a paralelní i překrývající se výrobní operace s cílem přesně stanovit dobu trvání výroby.

2. Přidělování zdrojů a kapacit

Přidělování zdrojů zabezpečuje, aby všechny potřebné výrobní zdroje (stroje, nástroje, pracovní síly, materiál, energie apod.) byly k dispozici pro zahájení výroby (ve správné konfiguraci čas-místo-kvalita).

3. Dispečerské řízení výrobních jednotek, klíčové výrobní ukazatele

Přidělování výrobních jednotek podle zadaných pracovních příkazů a rozvrhů, koordinace výroby mezi linkami, zajišťování potřebného množství surovin a energie a sledování aktuálních stavů výrobního úseku. Součástí je také jednoznačná definice správných výrobních postupů (GMP – Good Manufacturing Practice). Rozhodování se provádí na základě výrobních ukazatelů a statistik např. výkonnostních linek nebo celkových ukazatelů efektivity.

4. Správa dokumentace

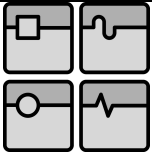
Správa všech záznamů a dokumentů (schémata, výrobní postupy, harmonogramy, protokoly o změnách, receptury, pracovní příkazy apod.), informací o průběhu a výsledcích výroby, porovnání zadání se skutečností apod. Obsluze zařízení posílá instrukce, poskytuje receptury pro řídicí systémy. Může též obsahovat instrukce týkající se dodržování předpisů v oblasti životního prostředí, zdraví a bezpečnosti práce, případně i vazbu na řízení jakosti ve smyslu norem ISO.

5. Sledování pohybu a genealogie produktu

Sledování každého výrobku, dávky či série v průběhu celého výrobního cyklu a uchování skutečných podmínek, za nichž byly vyrobeny (záznamy o jednotlivých výrobních krocích, použitých materiálech, postupech, průběh klíčových technologických veličin apod.).

6. Analýza výkonnosti

Sleduje a počítá klíčové výrobní ukazatele, porovnává výsledky aktuálně dosahované ve výrobě s jejich krátkodobou historií a predikuje odhady ekonomických výstupů.



7. Správa lidských zdrojů

Vede záznamy a informuje o kvalifikaci personálu (vzdělání, certifikáty, zvláštní znalosti a dovednosti). Sleduje nepřímé činnosti při přípravě materiálů, strojů a nástrojů jako podklad pro kalkulaci nákladů podle činností (např. kolik času kdo stráví při řešení odstávky, přestavení stroje, aj.). V interakci s přidělováním zdrojů napomáhá optimálně vybírat pracovníky pro konkrétní činnosti.

8. Řízení údržby

Funkční oblast plánování a řízení údržby sleduje a řídí aktivity vykonávané s cílem udržovat výrobní prostředky v takovém technickém stavu, aby se předešlo neplánovaným přerušením výroby. Poskytuje rozvrhy periodické i preventivní údržby a umožňuje řídit údržbu podle skutečného stavu zařízení.

9. Ovládání výrobního procesu

Ovládání výrobního procesu je zajištěno operátorskými funkcemi.

10. Řízení kvality

Zajišťuje v reálném čase analýzu dat snímaných z výrobního zařízení s cílem sledovat kvalitu vyráběného produktu a včas identifikovat nežádoucí odchylky. Využívá metody SPC/SQC průběžného statistického vyhledávání rozdílů mezi požadovanými „ideálními“ a skutečnými parametry procesu a vyhledávání příčin těchto rozdílů. Do řízení kvality bývají též často zahrnuty offline prováděné analýzy z laboratorního informačního systému.

11. Sběr a archivace dat

Základní stavební kámen každého MES systému. Zabezpečuje nepřetržitý sběr dat z výroby v reálném čase, jejich dlouhodobou archivaci a dostupnost pro další zpracování. Nedílnou součástí je ochrana dat proti ztrátě i proti zneužití.

MES tedy zajišťuje realizaci individuálních funkcí například:

- operativní plánování a optimalizace výrobních sérií,
- recepturové řízení a elektronický záznam o výrobě,
- sběr technologických dat a jejich historizace,
- analýzy dat, bilancování a výrobní protokolování,
- sledování výroby a historie výrobních operací,
- sledování materiálů ve výrobě, operativní inventura.

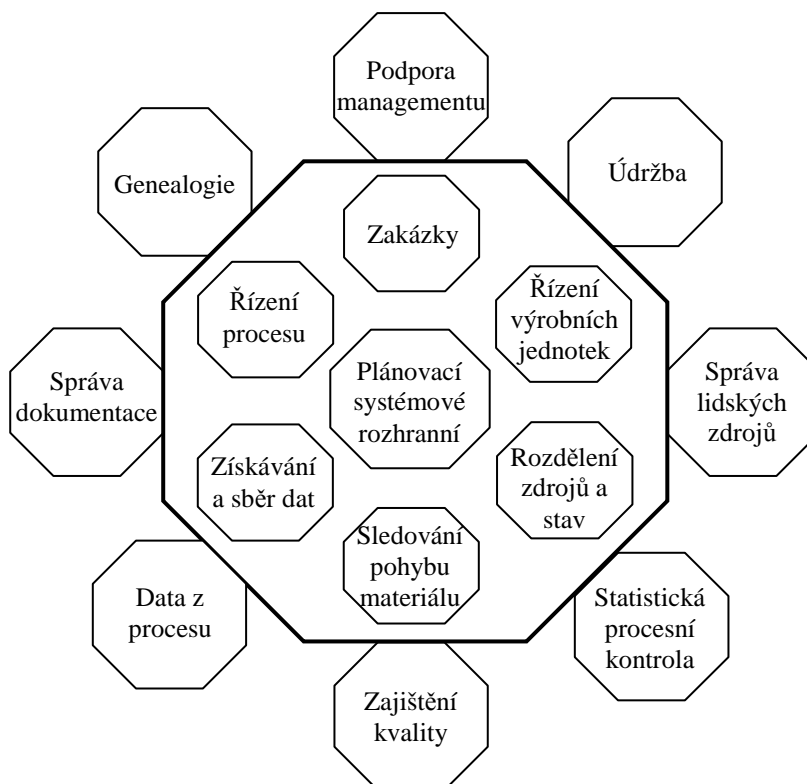
Mezi úrovní MES a nadřazenými a podřazenými úrovněmi probíhá při chodu systému neustálá výměna informací. Problém s výměnou informací mezi úrovněmi systému je zhoršen:

- různou úrovní abstrakce (pracovní postupy, dokumenty, řídicí signály),

- různou periodou zpracování (MES systémy pracují v reálném čase a perioda se pohybuje v milisekundách),
- různou datovou strukturou (různé typy dokumentů, konstrukční výkresy a jiné záznamy v databázích),
- různou úrovní přesnosti (snímané veličiny, řídicí signály, prognózy, plány, odhady),
- různým přístupem zpracování (řídicí pracovníci, výkonní výrobní pracovníci, stroje a zařízení). [1]

2.2. Rozdělení modulů na hlavní a podpůrné funkce

Moduly MES systému dle asociace MESA lze rozdělit na hlavní a podpůrné funkce, jak je uvedeno [1] (Obrázek 2.3).

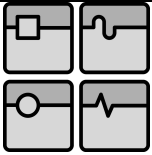


Obrázek 2.3: Rozdělení modulů MES na hlavní a podpůrné funkce [1].

2.2.1. Hlavní funkce MES

1. Plánovací systémové rozhraní

MES přímo souvisí s plánováním systému, který umožňuje tok informací mezi systémy. Kvůli velké různorodosti nainstalovaných systémů, je obvykle pro rozhraní vyvinut uživatelský software, který je vhodný k projektování systému MES. Dalším krokem je spolupráce zákazníka a výrobce MES, kdy se určuje tok informací, jejich formát a nastavení. Toto spojení by mělo poskytovat předávání dat do a vně podniku, kdy vstup informací začíná



zakázkou. Další informace mohou obsahovat zásoby zboží na skladě, informace z pracovního procesu, postup zakázky atd. Projektování výrobního systému MES umožňuje, aby uložená a zpracovaná data pomocí MES mohla být využita dalším uživatelem na síti. Celková představa je tedy používat MES systém jako klient/server pro všechny uživatele a tvořící prvky dat. Pokud jsou data uložena v systému, mohou se přizpůsobovat a připravovat k plnění dle požadavků uživatele. Analýza a roztřídění informací může být na základě hlavních funkcí MES snadno realizována a přístup k datovému skladu se vývojem nástrojů na zpracování informací stává snadnějším.

Ale i přes pevně daný směr komunikace z místa výroby k zákazníkovi se může stát, že na stejný dotaz můžeme dostat mírně odlišný typ informace. Přispění MES systémů není závislé ani nemusí být spojené na plánovacím systému. Podniková výroba, která je v provozu bez plánovacího systému může být zlepšená přístupem informací pomocí MES, do kterého se budou informace vkládat ručně. Každý funkční modul MES může pracovat samostatně, ale při zapojení každého dalšího výrobního modulu je výroba pružnější a efektivnější.

2. Správa zakázek

MES přijímá automaticky nebo ručně vloženou informaci a určí, jaká má být výroba a množství u objednávky. Určení probíhá za použití pracovních příkazů, které stanoví typ práce, číslo zakázky, počet dílců, množství, požadované datum dodání a metodu stanovení priorit. Systém řídí změny objednávek, stanovuje a udržuje plnění plánů seřazených podle určených priorit. Může také přiřazovat a rušit přiřazení zásob na skladě vzhledem k objednávkám.

Schopnost reagovat na neplánované události vznikla jako reakce na nové požadavky zákazníků nebo na náhlé poruchy strojů, které jsou stěžejní pro včasné dodání zakázky. Zatímco u klasických výrobních systémů bylo téměř nemožné optimálně přeplánovat výrobu, MES na základě původních a příchozích dat automaticky vytvoří pomocí přeskupení (seznamu priorit, nejbližších termínů dodání atd.) a simulací výroby nový výrobní plán. Ten je pak nejoptimálnější vzhledem k novým okolnostem. Další možností je informovat management o nových okolnostech, zpřístupní aktuální informace a čeká na jejich rozhodnutí.

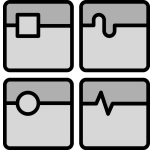
Standardní částí MES systému je uvolnění zakázek k výrobě a stanovení aktuálního seznamu priorit založeného na sekvenčních pravidlech nebo na dalších výrobních plánovacích metodách jako je simulace nebo teorie omezení.

Systém kontroluje plnění zakázek v reálném čase a nabízí neustálý přehled o stavu výroby.

3. Řízení výrobních jednotek

Tato funkce je zodpovědná za zavedení řídicího plánu zakázek a logické konfigurace výrobních jednotek. Tato část může zahrnovat přímou kontrolu rozhraní a spojení s každým pracovištěm. Zde je také prováděno plánování, rozvrhování a určení zatížení výrobních jednotek. Modul poskytuje aktuální a celkové zatížení dílny operacemi nebo výrobními jednotkami. Podle plánu bude systém řídit správné zásobování materiálem ze skladů, nástrojů a dat potřebných pro zadanou výrobu. Bude také vydávat a provádět příkazy k dodání požadovaných součástí k plánovaným výrobním stanicím. MES systémy jsou vysoce konfigurovatelné pro každou výrobu.

Konfigurovatelnost systému umožňuje tvorbu modelu dovedností výrobního systému, který pokrývá výrobní požadavky a potřeby zákazníka. Model začíná soupisem všech

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 13
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

oddělení, pracovních stanic a operací. Z informací o provozu podniku je pak možné určit, které pracovní stanice mohou provádět dané operace.

Jakmile je stanoven model, MES odpovídá za správné směřování ve výrobě. Jestliže je operace dostupná na více pracovních stanicích, pravidla uvnitř modelu určí, na kterém stroji se má operace provést.

4. Sledování zásob na skladě a jejich řízení

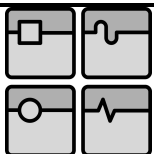
Funkce sledování zásob na skladě se neustále vyvíjí. Modul je ve skladech schopen zpracovávat informace o každé položce nebo jejich skupin na skladě včetně aktuálního rozmístění. Pro účely MES je v zásobách (seznamu zásob) zahrnuto vše, co je třeba pro výrobu: nástroje, příslušenství, materiál, rozpracovanost, výkresy, specifické pracovní schopnosti a další položky, které by mohly být uvedeny v popisech položek zásob.

Z řady důvodů by bylo velmi obtížné pro většinu plánovacích systémů, aby byly schopné online reagovat na vzniklé problémy s ohledem na sklady. Informace, které jsou uloženy v plánovacím systému jsou zpracovány MES systémem. Ten změní ve skladu tok zásob výrobou podle aktuálního plánu (rozvrhu). Ačkoliv má mnoho plánovacích systémů velmi obsáhlé informace o možnostech zásob na skladě, musí být nasazený na řízení zásob MES a nebo musí být tyto data okamžitě k dispozici při jakékoliv změně ve výrobě.

Tato funkce se dělí na úseky následujícími specifickými způsoby:

- Řídí, směřuje a ovládá všechny materiál a rozpracovanost zásob, aby mohl poskytovat požadované položky ze skladu k pracovním stanicím jako odpověď na sekvenci rozvrhů objednávek. Řízení materiálu je prováděno prostřednictvím MES, v plánovacím systému nebo v automatickém skladu, kde je zaveden systém vyhledávání informací (AS - Automatic Storage/RS - Retrieval System). MES by měl ukládat data do databáze nebo mít jakoukoliv informaci dosažitelnou online pro správné zvolení položky ze zásob na skladě.
- Lokalizuje a znovu získá veškerý potřebný materiál a informace jako odpověď na výrobní plán. V tomto kontextu zásoby zahrnují cokoli, co je požadováno pro dokončení výroby objednávek. Jsou zde zahrnuty výkresy a další technická dokumentace - CAD (Computer Added Design) data, nástroje a příslušenství, specifické pracovní schopnosti apod.
- Udržuje a poskytuje přístup k podrobným informacím pro každou položku jako je ID číslo, umístění, množství, termíny přijetí, dodavatel, objednávací číslo dílu apod.

Jedním z příkladů řízení zásob v MES by mohl začínat přijetím materiálu a jeho zařazení na sklad. Po uložení materiálu je sejmuto štítek čárového kódu nebo je do systému vloženo jeho objednávací číslo (číslo objednávky). Systém pak zobrazuje objednávku a zpracované informace o materiálu. Pokud jsou data o materiálu zpracována, pak je materiál přesunut na své místo ve skladu nebo je přesunut do výroby na určená pracoviště. MES systém zachycuje každý krok pohybu materiálu. Určuje a zobrazuje další operaci a neustále aktualizuje podle pohybu materiálu výrobu plánovací systém. Přínos MES systému v řízení zásob ve spojení s plánováním je nezměrný.



5. Řízení pohybu materiálu

V předešlých fázích se zatím řešila otázka stanovení sledu pracovních příkazů na pracovištích a využívání zásob materiálu na skladu. Systém je nyní připraven rozvrhovat pohyb zásob ze skladu na různá pracoviště. Systémová logika je založená na myšlence, že vše má své určené umístění a musí být přesunuto z tohoto umístění na novou požadovanou pozici.

Základem pro správný přesun materiálu jsou přesné informace. Pohyb materiálu je nepřidaná hodnotící funkce; je to nejjednodušší forma, která znamená "Vezmi položku z tohoto umístění a dej ji na tuto pozici." S modelem fyzické dovednosti zabudované do MES musí systém jednoduše určit kdy, odkud - kam a co se má pohybovat a podle takových dat vydá vhodnou instrukci.

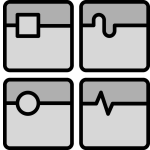
- Vydání průvodních listů řidiči vysokozdvizného vozíku.
- Vydání propouštěcí zprávy zákazníkovi (prodejci).
- Sdělení AS (Automated Storage)/RS (Retrieval Systems) tedy automatizované skladování/systémy vyhledávání informací řídicího systému, aby doručil určitou paletu s materiálem z daného umístění nebo pošle jednoduchou žádost o materiál, dovolující AS/RS kontrolnímu systému získávání informací o příslušném umístění.
- Sdělení dopravnímu systému (řízeného např. přes PLC), aby doručil materiál k pracovní stanici.
- Sdělení automatizovanému přepravnímu prostředku, aby sbíral materiál u jedné pracovní stanice a doručil ji na další.

6. Sběr a archivace dat

Funkce sběru dat jsou tzv. "oči a uši" MES systému. Data se mohou sbírat skenováním čárových kódů nebo ukládáním dat do paměti tzv. datového skladu, kde se zpracovávají a třídí velké množství dat. Tato část MES systému vystupuje jako referenční středisko a převaděč pro všechny informace, které jsou potřebné se data generují ve výrobních zařízeních. Sbírat a archivovat data lze při propojení systémů výrobních podniků i zvenčí. I přes různé druhy snímačů a řídicích rozhraní mohou být data z podnikových úrovní provozu sbírána, porovnávána a rozčleněna na základě jakéhokoliv požadavku. Data podnikové úrovně jako je správa lidských zdrojů, statistické řízení procesu, termíny a docházka, sledování materiálu, reporty a genealogie produktu jsou zpracovávány zde.

Některé zdroje dat jsou:

- snímače čárového kódu,
- hlasem kódovaná data,
- vysílače na rádiové frekvenci,
- PLC - programovatelné logické řídicí jednotky,
- docházkový systém,
- systém zajišťování kvality,
- stroje a sledování procesu,
- další počítačové systémy,
- ruční zadávání údajů.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 15
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Cílem sběru dat v MES systému je komunikace a zásobování dat mezi různými úrovněmi podniku.

7. Řízení výjimek

Jedná se o velmi požadovanou funkci, která má schopnost reagovat na neočekávané události ve výrobě. Vzniká hned několik otázek. Co se stane, když dojde k poruše stroje? Jaká bude reakce, pokud nepřijde materiál včas? Jak se projeví změna na dodržení objednávek? Na většinu takových otázek může odpovědět automaticky ovládaný MES systém.

- MES zpracuje informace a může změnit výrobu nebo zrealizuje alternativní směřování.
- Systém může monitorovat informace o zabezpečování jakosti a nastaví stroje a procesy tak, aby výrobky odpovídaly požadavkům.
- V minimálním počtu případů musí systém informovat management o vzniklé výjimce a bude čekat na odpověď.

Některé podniky mohou využívat expertní systémy pro zvýšení schopnosti řešit výjimečné stavy ve výrobě. Vyvinout takový systém ale může být kvůli náročnosti vývoje velmi nákladné. MES je velmi snadno konfigurovatelný a lze s ním zajistit většinu běžných výjimek jako např. přeplánování výroby na základě vnějších vlivů automatickým cyklem.

Knihovna dat

V každém výrobním systému musí být zdroj informací nebo knihovna dat, která poskytuje informace pro výrobu. [1]

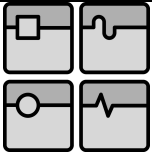
2.2.2. Podpůrné funkce MES

V předchozí kapitole jsem se zabývala hlavními funkcemi, které primárně řídí zakázky a zdroje. Tato kapitola bude popisovat další funkce, které by měly být součástí MES. Tyto funkce jsou:

1. Management údržby

Je schopný zajistit ve značné míře správný chod výroby z hlediska zdrojové dostupnosti. Tím, že se řídí údržba je schopen podnik předejít neplánovaným prostojům a výrazně pomoci ke zlepšení jakosti a včasnému plnění zakázek. Systém údržby může být sofistikovaný integrovaný balíček, který zpracovává historické, současné i plánované události údržby. Systém je rozdělen do osmi modulů pro sledování a plánování údržby:

- Modul vybavení – udržuje kompletní historii každého vybavení (technická data, náhradní díly, záznamy o chodu údržby na každém zařízení).
- Modul zakázek – určování a sledování preventivních a neplánovaných úkolů.
- Modul preventivní údržby – generování a sledování všech plánovaných úkolů pro všechna zařízení.



- Modul statistické předpovědi údržby – užití metod SPC, sledování dynamických dat zařízení (vibrace, teplota atd.) pro předpověď chyb a prevenci prostojů.
- Modul zásob – sleduje množství náhradních dílů, fyzického umístění, množství zásob atd.
- Modul nákupu – je propojen s obchodními partnery, dodací lhůty, platby a další nákupní a přijímací funkce pro podporu údržby.
- Pracovní modul – sledování zaměstnanců, jednotlivců a skupin.
- Modul analýza – analýzy a sledování údržby.

2. Správa lidských zdrojů – čas a docházka

Zajišťuje sledování docházky a vykazování pracovního času. Systém je pak schopný zpracovat tyto data pro mzdy a další kalkulace. Tyto systémy obvykle obsahují ochrany proti neautorizovanému užití specifických informací.

Vlastnosti systému:

- Správa zaměstnanců – u každého zaměstnance se zapisuje: jméno, číslo, oddělení, zařazení do skupiny, schéma docházky, dovolená, nemocenská apod.
- Sběr pracovních dat – podpora diskrétní, opakované a procesní výroby, údržba aktivních zakázek, podpora jednoduchých a dávkových operací v procesu.
- Mzdový systém.

3. SPC - statistická kontrola procesu

Jedná se o kvalitní kontrolní metodu, která se zaměřuje na nepřetržité monitorování procesu. Jako další kontroluje hotové výrobky na výstupu. Tímto způsobem se dosahuje odstraňování vadných výrobků.

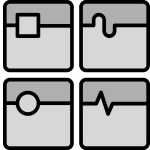
Nástroje metody SPC:

- vývojové diagramy,
- provozní diagramy,
- Paretovy grafy a analýzy,
- diagramy příčin a následků,
- histogramy četnosti,
- kontrolní diagramy,
- studie procesní způsobilosti,
- a další reporty.

4. Funkce zajišťování jakosti

Tato část systému může nebo nemusí být svázána společně s SPC nebo s normou ISO 9000. Typické vlastnosti:

- Příjem inspekcí – online přístup a správa, přímé zpracování úkolů.
- Neshody – Paretova analýza, online správa.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 17
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

- Hodnocení dodavatelů – měsíční tvorba, automatický sběr dat z dalších modulů, podrobné přijímací zprávy – zmetky a informace o nápravných akcích.
- Opravná opatření – online zpracování, interní a externí podpora pro opravná opatření.
- Sledování prostojů – sledování materiálu, zpráva zakázek, uživatele a sériového čísla.
- Kontrola seřízení – online záznam výsledků, odchylky a rozbor vývoje.
- SPC – online procesní kontrola, generování výsledků kontroly, stav rozpracovanosti.
- Rychlý sběr výsledků – kompletní průvodní listy.

5. Procesní data, analýza výkonnosti

Zpracování a vyhodnocení nasbíraných dat.

6. Dokumentace - správa dat výrobku

Funkce, která do značné míry odstraňuje zápisy dat v papírové podobě. Data v takové podobě byla neúplná, nepřesná, zcela chyběla nebo se zapsala špatná data vlivem lidské chyby. Tento nástroj je schopen tyto nedostatky téměř zcela odstranit. Pokud je tato funkce součástí systému, získá uživatel okamžité (online) a přesné informace – kresby, časové normy, směrování, receptury, ISO normy, montážní předpisy, testovací instrukce a data atd.

7. Sledování a genealogie produktu

Tato část systému se zabývá tzv. rodným listem výrobku, ve kterém jsou zapsány vstupní informace a cesta produktu výrobou.

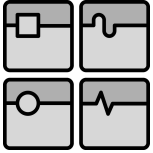
8. Řízení dodavatele

V systému je zapotřebí mít informace o dodavatelských aktivitách pro synchronizaci výroby, tj. například předcházení pozastavení výroby z nedostatku materiálu od dodavatele. [1]

2.3. Architektura MES

Požadavky kladené na moderní MES systém znamenají, že pro tyto systémy musí být dána vhodná struktura. Podnikové nebo klasické PDA systémy jsou zkrácené vůči schopnosti chodu několika monolitických softwarových paralelních modulů na jedné integrované platformě. Uživatelé hledají tyto monolitické moduly pro schopnost komunikace s ostatními.

Jeden z nejdůležitějších důvodů funkčních problémů byl požadavek zákazníků na standardní softwarový systém, který uživateli sliboval rychlou, snadnou a hlavně levnou cestu k cíli, místo potřebného individuálního programování a vytváření nezbytného provedení odpovídající analýzy požadavků. V mnoha případech se pak stalo, že si zákazník zakoupil standardní software, který nebyl schopen zabezpečit správný chod výroby a musel investovat do rozšíření, přestavby nebo zcela nového výrobního systému, což bylo v celkových



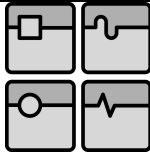
nákladech mnohem dražší než by byla původní investice s individuálním programováním a potřebnými analýzami požadavků na systém.

V minulých letech se výroba řešená pomocí MES velmi intenzivně rozšiřovala a prolomila hranice existující stavby systémů. Nejdůležitějšími klíčovými slovy se staly – mapování procesu, obchodní strategie (obchodní logika) a průběh pracovního toku. Pod termínem MES a odpovídajícím konceptem je moderní architektura systému, která v podstatě pokrývá následující požadavky:

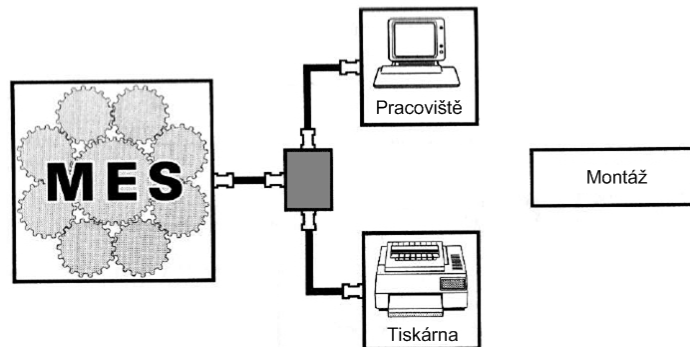
- Komplettní mapování všech požadavků pod ERP/PPS systémem (také nazýván horizontální integrací).
- Dostupnost takového standardního softwaru, který má následující vlastnosti:
 - modulární struktura softwaru,
 - rozšiřitelnost odpovídající požadavkům uživatele na základě aktuálních standardů.
- Jednoduchá adaptibilita standardních modulů, která není pouze procesní, ale také na funkcionální požadavky uživatele.
- Rozšiřitelnost standardizovaných rozhraní ve všech úrovních. [2]

Většina aplikací spadá do dvou kategorií:

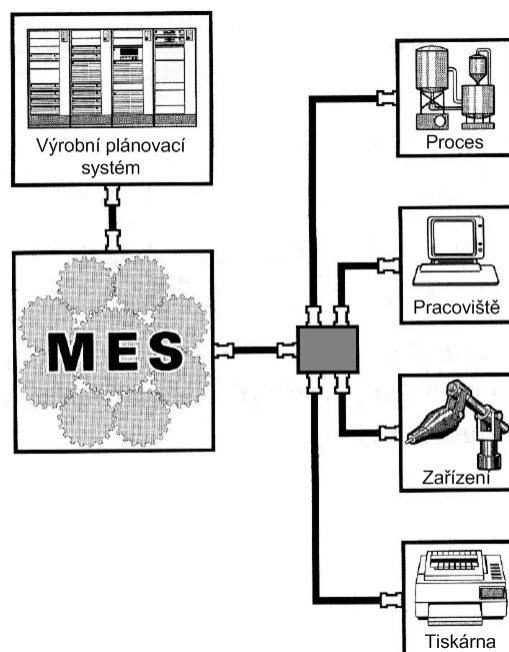
- podpůrný systém rozhodování DSS (Decision Support System), který je vhodný pro provádění analýz a vytváření zpráv,
- online zpracovávání procesů OLTP (On-Line Transaction Processing) , které je schopné pracovat v reálném čase. MES aplikace patří do kategorie OLTP. [1]



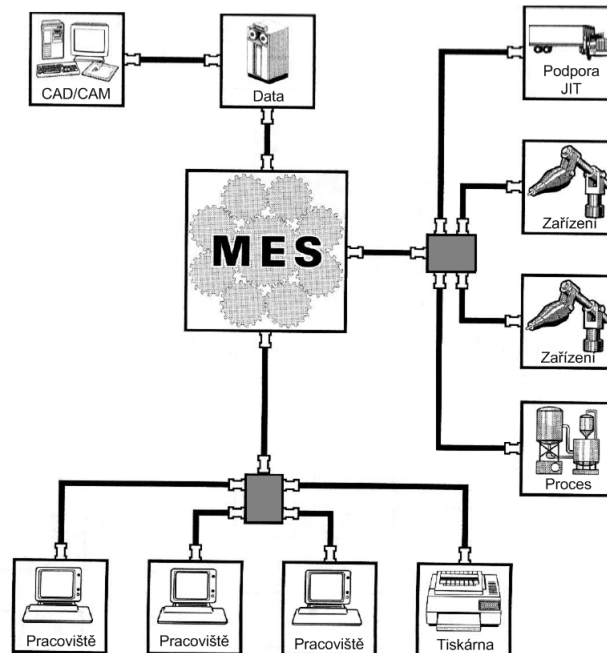
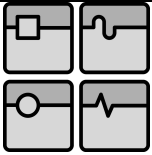
2.3.1. Možná architektura MES systémů



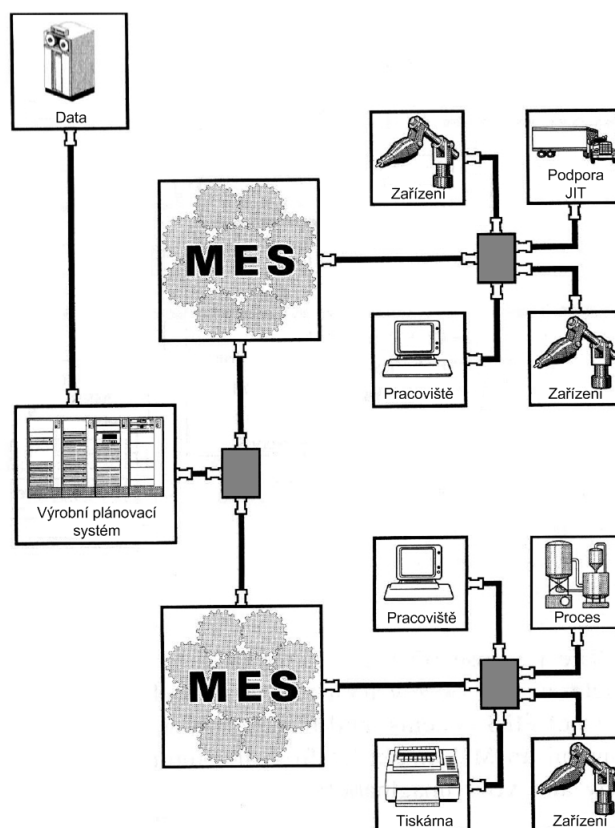
Obrázek 2.4: Ilustrace možné systémové konfigurace. Jedná se o montážní buňku s pracovišti, na které data o zakázce musí načíst operátor přes terminál ze systému. [1]



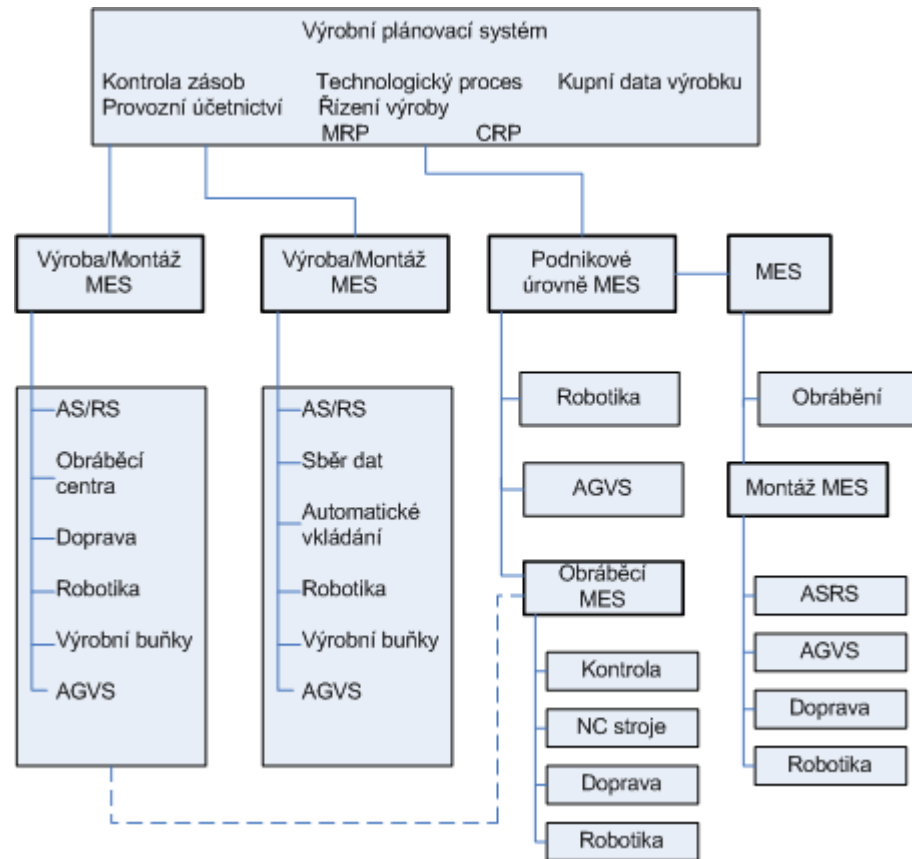
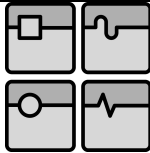
Obrázek 2.5: Systémová konfigurace doplněná výrobním plánovacím systémem, který je schopný přijímat a odesílat informace, roboty a procesním systémem. [1]



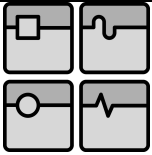
Obrázek 2.6: Rozšířený systém zahrnující CAD/CAM, knihovnu dat, podporu JIT. [1]



Obrázek 2.7: Systém může řídit více než jednu výrobní halu s různými typy pracovišť. [1]



Obrázek 2.8: Hierarchické uspořádání MES aplikací. V tomto případě MES poskytuje informace na vyšší i nižší úrovni systému a komunikuje s plánovací úrovní MES. [1]



3. Analýza MES v ČR

V této části diplomové práce budu hodnotit rozvinutost a rozsah schopností u MES systémů implementovaných v České republice. Budu popisovat systémy vytvořené firmami Merz a Compas, které mi poskytly podrobnější informace. Vysvětlení modulárního složení jmenovaných firem je v příloze A. Hodnotící prvky budou moduly MES systémů dle MESA, které jsou:

- krátkodobé plánování – operativní řízení výroby,
- přidělování zdrojů a kapacit,
- dispečerské řízení výrobních jednotek, klíčové výrobní ukazatele,
- správa dokumentace,
- sledování pohybu a genealogie produktu,
- analýza výkonnosti,
- správa lidských zdrojů,
- řízení údržby,
- ovládání výrobního procesu,
- řízení kvality,
- sběr a archivace dat.

3.1. Hodnocení zakázek

Protherm (2007-2008)

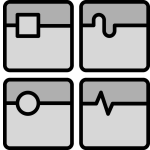
Prvním systémem pro hodnocení je systémové řešení pro vizualizaci a kontrolu vykonávaných pracovních postupů při montáži kotlů ve společnosti Protherm Production s.r.o.

Firma Protherm production s.r.o. má výrobní program zaměřený na výrobu plynových kotlů. Pro účely výroby se využívá rozsáhlá výrobní technologie složená do výrobních linek. Protože strategickým cílem bylo rozdělení výroby na výrobní dávky, bylo pro řízení výroby nezbytné mít pracovní postupy neustále pod kontrolou pro potřeby rychlé reakce na změnu výroby a provádět kontrolu, zda se postupuje v souladu s pracovními postupy. Cíle se dosáhlo kompletním monitoringem výroby a zavedením modulů MES systému.

Před zavedením MES měla výroba k dispozici řešení realizované v papírové formě, jiné části výroby používali vlastní řešení prostřednictvím výrobního systému. Ostatní údaje se pořizovali ručně a následně se zpracovávali v rámci řešení na vyhodnocování výroby připravené v prostředí MS EXCEL. Pro potřeby výroby sloužilo ještě několik dalších systémů, které byly spravovány vlastním IT oddělením.

Po zavedení MES systému byly splněny požadované funkce:

1. Vizualizace montážních postupů – systém umožní automatickou vizualizaci pracovních postupů, podle jednotlivých úkonů umožní snadnou správu, změnu, úpravu a okamžitou aplikaci změn v pracovních postupech do výroby na operátorské panely.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 23
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

2. Průběžná kontrola pracovních postupů – systém rozpoznává impulsy jednotlivých výrobních zařízení a na základě definice úkonů neumožní obsluhu pokračovat dále, pokud nesplnila předcházející úkon.
3. Výrazné snížení rizika nesprávného postupu montáže, použití nesprávného dílu nebo přeskočení některé z důležitých operací.
4. Usnadnění zaškolení nových pracovníků a odbourání potřeby evidence a aktualizace pracovních postupů na jednotlivých pracovištích. [10]

Pro splnění požadavků kladených na výrobu byly zapojeny tyto moduly MES systému:

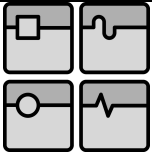
- sběr a archivace dat,
- správa dokumentace,
- krátkodobé plánování pro vizualizaci pracovních postupů,
- sledování a genealogie produktu bude implementována pro průběžnou kontrolu pracovních postupů,
- modulem řízení kvality bylo dosaženo výrazného snížení rizika špatných postupů při výrobě a montáži,
- správa lidských zdrojů.

Keravit

Dalším příkladem MES je systém, který byl vytvořen ke sledování pohybu pecních vozíků po výrobě ve firmě Keravit. Systém poskytuje informace o historii pohybu jednotlivých vozíků, jejich aktuálním umístění a dále slouží k evidenci pecních listů. Sledování vozíků je prováděno tlakovými senzory, které sejmou dotyk „identifikační lišty“ při průjezdu. Jedná se zde o jednoduchý příklad MES systému. Systém je založen na architektuře klient-server.

Funkční prvky implementované pro splnění požadavků:

1. Vizualizace – zobrazení grafického vizualizace výroby se zobrazením aktuálního umístění jednotlivých vozíků. Každý vozík bude reprezentován „čtverečkem“ se svým číslem. Kliknutím na vybraný vozík se zobrazí aktuální pecní list pro daný vozík.
2. Správa vozíků – editace, přidávání a mazání vozíků.
3. Zadávání hodnot do pecního listu – umožní zadat data pecního listu (který mistr list vystavil, kdo vůz naložil, teplota, druh a množství výrobků naložených a složených (můžou v peci spadnout), dále se uvádí, kolik výrobků bylo při skládání vyřazeno (zmetky, které např. popraskaly v peci), jména pracovníků, kteří vůz vykládali a datum vyložení.) pro vybraný vozík a datum.
4. Zobrazení reportů – zobrazení historie pohybu vozíků, zobrazení pecních listů.
5. Online přehled o umístění všech vozíků přinese informace o rozpracované výrobě a umožní lepší plánování výroby.
6. Historie pohybu vozíků umožní zpětně sledovat délku pobytu vozíku na jednotlivých stanovištích a tím dodržování technologického postupu (délka pobytu v peci, zda byl vozík v sušce apod.).
7. Správa pecních listů – zrušení papírové evidence pecních listů a tím snížení administrativy a vlivu lidského faktoru (možnost chyby apod.). [10]



Vybrané moduly MES pro implementaci a jejich plnění:

- sběr a archivace dat,
- sledování pohybu a genealogie produktu,
- správa dokumentace,
- analýza výkonnosti,
- řízení kvality,
- správa lidských zdrojů.

Sběr dat na plně automatizovaných výrobních linkách v Liplastec s.r.o.

Hlavním úkolem systému je monitorování více jak 40-ti výrobních strojů (výroba, prostoje, počty vyrobených kusů/zmetků, výrobní cyklus atd.), dále sledování plnění jednotlivých zakázek, sestavování výrobního plánu na dané období (14 dní) a generování výrobních reportů.

Firma od systému požadovala:

1. Okamžitý přehled o stavu zakázek a plnění výrobních plánu.
2. Zkvalitnění stability výrobního procesu a možnost jeho dokladování (minimalizace vlivu lidského faktoru, tj. chybných vstupů).
3. Včasné odhalování závad na výrobních strojích - automatický sběr informací z výrobního stroje, zobrazování informací obsluze, možnost zadávat důvody prostojů a pořizovat záznamy o kontrolách.
4. Snadné vyhodnocování časového fondu - výrobní reporty jsou zpracovávány pomocí technologie MS Reporting services, výrobní reporty jsou dostupné na libovolné síťové stanici s nainstalovaným prohlížečem www stránek (Internet Explorer 5.+), reporty je možno exportovat.

Implementované aplikace:

- aplikace Plánovač – je v ní zahrnuto: zařazení výrobní zakázky do časového plánu (Ganttova diagramu), výpočet trvání zakázky z plánovaného počtu a cyklu, zobrazování průběhu plnění zakázky,
- aplikace Výrobní stroj,
- aplikace Reportování. [10]

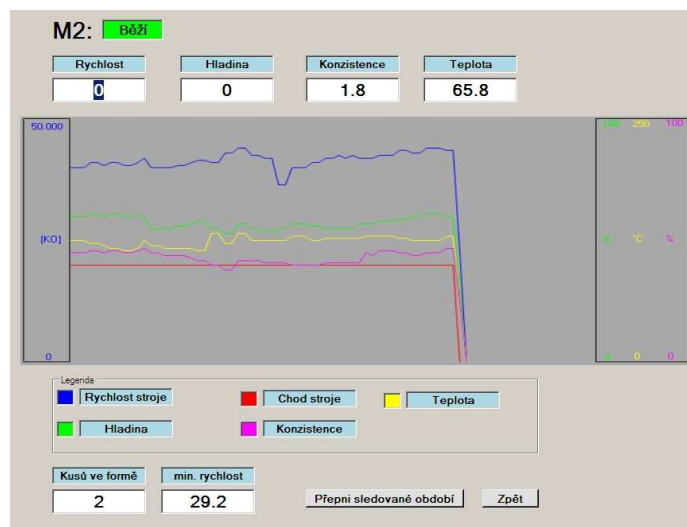
Použité modely MES v aplikacích:

- sběr a archivace dat,
- správa dokumentace,
- správa lidských zdrojů,
- krátkodobé plánování – operativní řízení výroby,
- přidělování zdrojů a kapacit,
- sledování pohybu a genealogie produktu,
- řízení kvality,
- analýza výkonnosti,

- řízení údržby,
- dispečerské řízení výrobních jednotek, klíčové výrobní ukazatele.

Huhtamaki

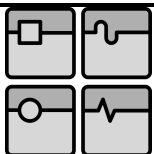
Firma Huhtamaki má výrobní program zaměřený na výrobu obalů pro potraviny. Pro účely výroby se využívá rozsáhlá výrobní technologie – rozsáhlé strojní celky složené do komplikovaných výrobních linek. Celkem 8 výrobních strojů je soustředěno ve 3 výrobních halách. Protože klíčovým faktorem pro efektivitu výroby je dodržování velkého objemu výroby, je pro řízení výroby nezbytné mít přehled dodržování rychlosti o počtu vyrobených kusů, množství výmětu a co největší dostupnost technologie pro účely výroby.



Obrázek 3.1: Ukázka ze systému Huhtamachi. Na obrázku lze vidět grafické znázornění snímaných veličin. [10]

Požadavky na odstranění následujících problémů pomocí systému:

1. Omezení a koncepce – nástroje na řízení a monitoring výroby v rámci postupného rozvoje podniku již dosáhly hranice svých možností. Udržování řešení na bázi MS Excel již dosahuje omezení tohoto nástroje, naráží se na obtížné archivování a provazování dokumentů.
2. Administrativa a lidské chyby – pro vyhodnocování výroby je nezbytné zapisovat data spojená s výrobními příkazy a další informace v papírové podobě. Následně se všechna data (včetně automaticky pořízených v systému) přepisují do MS Excel tabulek, což poskytuje prostor pro vznik překlepů, vyžaduje opakovaně čas některých pracovníků a informace jsou k dispozici s určitým zpožděním.
3. Spolehlivost a chybovost – v rámci provozování systému se již narazilo na několik zásadních omezení řešení. Data v systému jsou uchována pouze s 24 hodinovou historií a systém není odolný vůči výpadkům nebo výkyvům napětí. Při poklesu v síti proto dochází ke ztrátě dat a následně vznikají problémy při deklaraci výroby.



Jako první bylo nutné vytvoření technologické sítě - propojí pomocí Ethernetu všechny operátorské panely a PLC se serverem. Na základě monitoringu a vizualizace se získala kompletní kontrola výroby a jako datová základna byla zvolena relační databáze (MS SQL). Data se nejprve ukládají do PLC (maximálně 60 hodnot) a pak se přehrávají do systému. Tak se předejde ztrátě dat při výkyvech napětí v síti. Data se v systému automaticky roztřídí a na jejich základě se provede požadovaná analýza výroby. [10]

Použité modely MES:

- sběr a archivace dat,
- správa dokumentace,
- sledování pohybu a genealogie produktu,
- řízení kvality,
- analýza výkonnosti,
- správa lidských zdrojů – zaměřená pouze na přihlašování a odhlašování uživatelů v celém systému (klientská aplikace a terminál u strojů).

Automotive lightning – Termoplasty

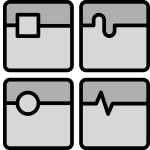
Dodávka systému pro monitorování a řízení výrobního procesu.

Pro splnění požadavků zákazníka se zavedly tyto části:

1. Serverová aplikace – je spuštěna na serveru a je zodpovědná za komunikaci s databází, kde jsou uložena veškerá data systému (data o strojích, provozní data, data o objednávkách atd.). Dále se provádí všechny výpočty a připravují všechny reporty pro klientské aplikace.
2. Monitoring – zobrazuje se na panelech u strojů. Stará se o vstup dat od operátora a seřizovače, automaticky sbírá data a poskytuje základní statistiky o stroji. Nasbíraná data zasílá serverové aplikaci, která je ukládá do databáze.
3. Vizualizace – zobrazuje návrh haly se základními informacemi o stavu výroby a strojů.
4. Klientská aplikace – umožňuje vytvářet reporty a statistiky, zobrazuje aktuální stav výroby, mění parametry strojů (normy atd.), nahrává plán na dané stroje apod. [10]

Moduly MES:

- sběr a archivace dat,
- správa dokumentace,
- přidělování zdrojů a kapacit,
- sledování pohybu a genealogie produktu,
- analýza výkonnosti,
- správa lidských zdrojů,
- řízení kvality.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 27
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

TRW Lucas Varity

Dodávka a implementace systému pro sběr výrobních dat na linkách poloautomatizované výroby brzdových disků.

Pro požadovaný chod výroby bylo třeba vytvořit homogenní informační prostředí pro manažerské i operativní řízení pomocí:

1. Odbourání manuální tvorby reportů.
2. Monitorování událostí na linkách (zejména prostoje).
3. Podpora řízení výrobních zakázek.
4. Sledování stavu výroby, zefektivnění výrobní kontroly.

Předpokládané přínosy MES systému byly:

1. Finanční a časové úspory při tisku reportů (ročně až statisícové částky).
2. Zkrácení pracovního času mistrů při vyhodnocování směn.
3. Zlepšení ukazatele celkové efektivity zařízení (OEE).
4. Dokladovatelnost (genealogie) výroby.

Funkce informačního systému:

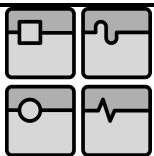
- monitorování průběhu zakázky,
- záznamy chybových stavů (list událostí),
- monitoring a třídění prostoje,
- zpřístupnění výrobní dokumentace v elektronické podobě,
- plánování a vyhodnocování kontrolních událostí,
- plánování výroby – výběr zakázek a jejich řazení na linku,
- reporty o aktuálním stavu výroby (listy průkaznosti, OEE). [10]

Moduly MES využité při řešení:

- sběr a archivace dat,
- správa dokumentace,
- správa lidských zdrojů,
- sledování pohybu a genealogie produktu,
- analýza výkonnosti,
- krátkodobé plánování – operativní řízení výroby,
- řízení kvality.

Dodávka a implementace systému pro sběr výrobních dat na linkách s převažující ruční výrobou.

Projekt byl realizován ve dvou etapách. V první etapě byl zajištěn sběr dat z 10 pracovišť demontáže a renovace (trvání 4 měsíce) a v druhé etapě byl realizován sběr dat z 12 pracovišť montážní linky (trvání 6 měsíců). Ruční výrobě odpovídá i způsob pořizování dat z výrobních linek. Informace z výroby jsou proto sbírány prostřednictvím zadávacího panelu (průmyslový



počítač s dotykovou obrazovkou) a čteček čipových karet. Dalším zdrojem dat jsou i datové výstupy z testovacích strojů.

Základní funkcionalita informačního systému:

1. Řazení výrobních zakázek do časového plánu.
2. Monitorování průběhu zakázky.
3. Synchronizace se skladem komponent.
4. Identifikace a správa výrobních i materiálových zmetků.
5. Monitoring a třídění prostožů.
6. Zpřístupnění výrobní dokumentace pracovníkům ve výrobě.
7. Zadávání a prohlížení kontrolních protokolů.
8. Integrace vyhodnocení olejové zkoušky do jednotné aplikace sběru. [10]

Moduly MES:

- sběr a archivace dat,
- správa dokumentace,
- sledování pohybu a genealogie produktu,
- analýza výkonnosti,
- správa lidských zdrojů,
- řízení kvality.

Pliva Lachema (2005 - 2006)

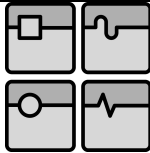
Sběr a prezentace technologických dat, protokolování výrobních operací.

Použité SW prostředky: MS SQL Server, Windows 2003 Server.

Moduly systému Comes: Logon, Historian, Modeller.

Popis řešení:

V rámci výměny řídicích systémů výrobního pavilonu byl pro řešení MES úrovně (pro sběr a prezentaci technologických dat) nasazen výrobně informační systém COMES s moduly COMES Logon, COMES Historian a COMES Modeller. Jednotlivé moduly řeší přihlašování uživatelů, tisky výrobních protokolů, sběr a ukládání dat z řídicích systémů. [11]



Obrázek 3.2 Ukázka ze systému Pliva Lachema, na kterém je znázorněna správa modelu zařízení. [11]

Moduly MES:

- sběr a archivace dat,
- správa lidských zdrojů,
- správa dokumentace.

Pliva Lachema (2006)

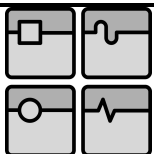
Řízení výroby výrobního pavilonu.

Použité SW prostředky: MS SQL Server, Windows 2003 Server.

Moduly systému Comes: Logon, Historian, Modeler, Traceability.

Název protokolu	Od	Do	Provedl	Výsledek	Výrobek	Šarže
SIP Plničky	18-04-2006 05:10:14	18-04-2006 05:32:46		NEPROBĚHL		
SIP Plničky	18-04-2006 03:14:30	18-04-2006 05:06:12		NEPROBĚHL		
SIP Kotel 3	18-04-2006 03:50:43	18-04-2006 04:39:04		PROBĚHL		
SIP Kotel 1	18-04-2006 02:41:22	18-04-2006 03:19:20		PROBĚHL		
CIP Plničky	18-04-2006 02:55:18	18-04-2006 03:14:35		NEPROBĚHL		
CIP Plničky	18-04-2006 02:54:41	18-04-2006 02:54:53		NEPROBĚHL		
SIP Kotel 1	18-04-2006 02:37:09	18-04-2006 02:38:30		NEPROBĚHL		
CIP Kotel 3	17-04-2006 22:21:35	17-04-2006 22:42:15		PROBĚHL		
CIP Plničky	17-04-2006 21:16:21	17-04-2006 21:19:33		NEPROBĚHL		
SIP Plničky	16-04-2006 11:54:56	16-04-2006 12:17:30		NEPROBĚHL		
Sterilizátor A P1-P6	15-04-2006 19:01:27	15-04-2006 19:01:27				
Sterilizátor A P1-P6	15-04-2006 17:30:39	15-04-2006 18:20:31				
Sterilizátor B P7	15-04-2006 12:44:12	15-04-2006 17:08:51				
Sterilizátor A P1-P6	15-04-2006 13:01:36	15-04-2006 13:01:36				
Sterilizátor A P1-P6	15-04-2006 10:35:41	15-04-2006 11:33:47				
Sterilizátor B P1-P6	14-04-2006 23:45:37	15-04-2006 01:50:36				
CIP Kotel 2	14-04-2006 16:23:03	14-04-2006 16:58:22		PROBĚHL		
CIP Kotel 2	14-04-2006 15:48:51	14-04-2006 15:59:06		NEPROBĚHL		
CIP Kotel 1	14-04-2006 07:34:34	14-04-2006 08:36:14		PROBĚHL		
Vážení Kotel 1	14-04-2006 06:33:18	14-04-2006 08:36:14			MF20s	23003106
Depyrogenizace	14-04-2006 03:33:34	14-04-2006 08:36:14				

Obrázek 3.3: Ukázka z rozšířeného a inovovaného systému Pliva Lachema, na kterém je znázorněn přehled protokolů. [11]



Popis řešení:

Výrobní informační systém MES zajišťuje správu výrobních předpisů výrobního pavilonu, zadávání výrobního plánu pro výrobní linky s funkcí optimálního využívání nejstarších surovin, příjem a ověření hmotnosti surovin z centrálního skladu do výrobního skladu pavilonu, inventuru výrobního skladu, dávkování surovin do výrobního procesu pomocí snímání čárkových kódů materiálů, identifikace osob ve výrobních prostorech, povolování výrobních operací podle oprávnění operátorů, systém výrobní dokumentace v elektronické podobě s elektronickými podpisy.

1. Sběr provozních dat a tvorba protokolů (Historian a Modeller) - žádné vstupy uživatelů, provozní data z celého pavilonu se ukládala a ke každé šarži vznikly protokoly
2. Receptury + sklady (Traceability) - technologové zadávají klíčové parametry pro jednotlivé stroje na lince, MES je po přiřazení výrobku ke stroji zapíše do příslušných proměnných (tagů) automatu
3. Identifikace obsluhy - místo zadávání hesla na strojích se obsluha přihlašuje přiložením čipu ke snímači.
4. Stroje spouští systém podle zadaných podmínek (start klíčových operací bude povolovat operátor elektronickým podpisem). [11]

Moduly použité na rozšířený projekt:

- ovládání výrobního procesu,
- krátkodobé plánování – operativní řízení výroby.

Lonza Biotec, Kouřim (2006)

Výroba farmaceutických substancí - sběr, archivace, analýza a prezentace hist. dat.

Použité SW prostředky: MS SQL Server, Windows 2003 Server.

Modul systému COMES – Historian, Logon.

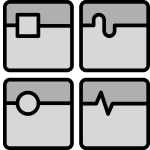
Popis řešení:

Pro sběr, archivaci, analýzu a následnou prezentaci technologických dat byl nasazen výrobní informační systém COMES s moduly COMES Logon a COMES Historian. Modul COMES Historian nahradil DataManager (nasazen v roce 2002), první instalovaný IT systém firmy COMPAS, který sloužil jako historizační server 1 generace.

V současné době systém COMES ukládá v LONZA Biotec technologická data z celkem sedmi databázích procesních řídicích systémů Simatic PCS / Simatic PCS7. Celkem je archivováno 3700 vzorkovaných veličin (tagů). Pro zobrazení dat je v systému nakonfigurováno více jak 950 grafických pohledů (trendů), které může prohlížet až 20 uživatelů IT sítě podniku. Na připojeném obrázku je vidět jedna z funkcí COMES Historian sloužící k porovnání různých průběhů téže veličiny v čase. [11]

Nasazené moduly dle MESA:

- analýza výkonnosti,

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 31
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

- sběr a archivace dat,
- správa lidských zdrojů - zaměřená pouze na přihlašování a odhlašování uživatelů.

Federal-Mogul Friction Products (2006)

Výrobní informační systém navažovny směsí.

Použité SW prostředky: MS SQL Server, Windows 2003 Server.

Moduly Comes: Logon, Modeler, Traceability, Batch.

Popis řešení:

Instalovaný výrobní informační systém zajišťuje recepturové řízení výroby směsí pro brzdové destičky modulem COMES Batch s pružnou definicí výrobních předpisů a výrobní protokolování modulem COMES Modeller. K dalším výrobním funkcím patří systém sledování výroby a automatické vytváření „rodokmenu“ výrobků s funkcí Traceability pomocí modulu COMES Traceability.

Požadavky:

1. Dávkové řízení - spuštění výrobních operací automaticky podle definovaných podmínek.
2. Receptury pro různé výrobky.
3. Detailní protokolování výroby každé šarže traceability - možnost dohledání šarží použitých materiálů v konečném výrobku a naopak - seznam výrobků, do kterých se dostala konkrétní šarže materiálu. [11]

Moduly MES:

- sběr a archivace dat,
- správa dokumentace,
- správa lidských zdrojů,
- sledování pohybu a genealogie produktu,
- analýza výkonnosti.

PM Kutná Hora (2006)

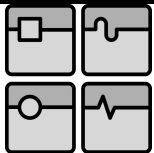
Výrobní informační systém pro plně elektronické řízení meziskladu.

Použité SW prostředky: MS SQL Server

Moduly systému Comes: Logon, Traceability, Modeller

Popis řešení:

Nasazení systému COMES pro plnění beden tabákovou směsí z technologie přípravy, řízení meziskladu beden tabákových směsí a jejich zakládání do výrobních linek finálních výrobků podle výrobního plánu. Systém zabezpečuje funkce komunikace s technologií přípravy pro zjištění šarže tabákové směsi, zakládání a evidence beden s meziproductem ve skladu, automatické sledování šarží a množství materiálů od přípravy přes mezisklad po vstup do výrobních linek (schopnost traceability) a protokolování výroby. K dalším funkcím



patří inventura mezikladu, zjišťování aktuálních stavů zásob, přesuny beden s materiálem, ruční operace a korekce, protokoly o plnění a vyprazdňování beden tabákových směsí. [11]

Použité moduly MES:

- přidělování zdrojů a kapacit,
- správa dokumentace,
- sledování pohybu a genealogie produktu,
- analýza výkonnosti,
- sběr a archivace dat.

Potravinářský průmysl (2006)

Sledování výroby pomocí výrobně informačního systému COMES.

Použité SW prostředky: MS SQL Server.

Moduly systému Comes: Logon, Traceability, Modeller.

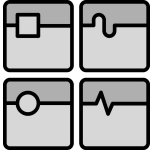
Popis řešení:

Při modernizaci řídicího systému technologie výroby kávy a kávových směsí byl pro řešení MES úrovně nasazen výrobně informační systém COMES. Zavedené moduly splňovaly tyto funkce:

1. Modul COMES Logon zabezpečuje správu a přihlašování uživatelů do systému.
2. Modul COMES Traceability zabezpečuje správu materiálů, správu receptur vyráběných produktů, ukládá data o materiálových přesunech ve výrobním procesu na jejichž základě umožňuje provádět plnohodnotnou traceabilitu, tj. zpětné dohledávání použitých materiálů (od finálního výrobku ke vstupní surovině) a dopředné dohledávání materiálů (od suroviny k finálnímu výrobku).
3. Modul je úzce propojen s řídicím systémem Simatic PCS7, kterému předává data nutná pro výrobní proces (receptury pro míchání směsí kávy, parametry zařízení).
4. Modul zpětně načítá z řídicího systému dosažené hodnoty technologického procesu při jednotlivých výrobních operacích (např. dosažená teplota pražení, výsledná barva a vlhkost kávy) a ty pak ukládá.
5. Modul COMES Modeller slouží k tvorbě výrobních protokolů, a to jak detailních protokolů jednotlivých technologických uzlů (např. navažování na jednotlivých vahách), tak i bilančních protokolů pro jednotlivá síla, které je možno díky uložení historie materiálových pohybů zpracovávat i zpětně a za libovolné časové období. [11]

Moduly MES dle MESA:

- sběr a archivace dat,
- sledování pohybu a genealogie produktu,
- správa dokumentace,
- analýza výkonnosti,
- řízení kvality.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 33
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Měšťanský pivovar Polička (2006)

Řešení sběru a prezentace dat elektroměrů prostřednictvím systému COMES.

Použité SW prostředky: MS SQL Server.

Moduly systému Comes: Logon, Traceability, Modeller.

Popis řešení:

Sběr online dat z elektroměrů připojených k řídicímu systému Simatic S7 zajišťuje modul COMES Historian, který ukládá data prostřednictvím více jak 150 tagů (vzorkovaných bodů) s periodou vzorkování 1 minuta. Uložená data je možno zobrazit v předkonfigurovaných grafických pohledech (trendech). Modul COMES Modeller zajišťuje zobrazení aktuálních hodnot elektroměrů a vyhodnocování překročení čtvrt hodinového maxima spotřebované energie. [11]

Moduly MES:

- sběr a archivace dat,
- analýza výkonnosti,
- správa dokumentace.

Vaillant, Čína (2006)

Systém řízení zkušebny kotlů.

Použité SW prostředky: MS SQL server, MS Visual Studio 2005.

Popis řešení:

Realizace zákaznické softwarové aplikace pro automatizované vyhodnocování zkoušek plynových kotlů na zkušebních stanicích, a to jak pro zkušební pracoviště pro vývoj kotlů, tak pro zkušební pracoviště na výrobních linkách. Součástí aplikace je generování výstupních protokolů testovaných kotlů. [11]

Moduly MES:

- analýza výkonnosti.

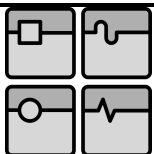
Sapeli (2005)

Duplikace čárového kódu.

Použité SW prostředky: MS SQL server, MS Visual Studio 2003.

Popis řešení:

Realizace zákaznické softwarové aplikace pro duplikaci čárkového kódu. Aplikace zahrnuje vstup dat o výrobcích a datové výstupy o operátorech a vyrobených kusech do informačního systému zákazníka. [11]



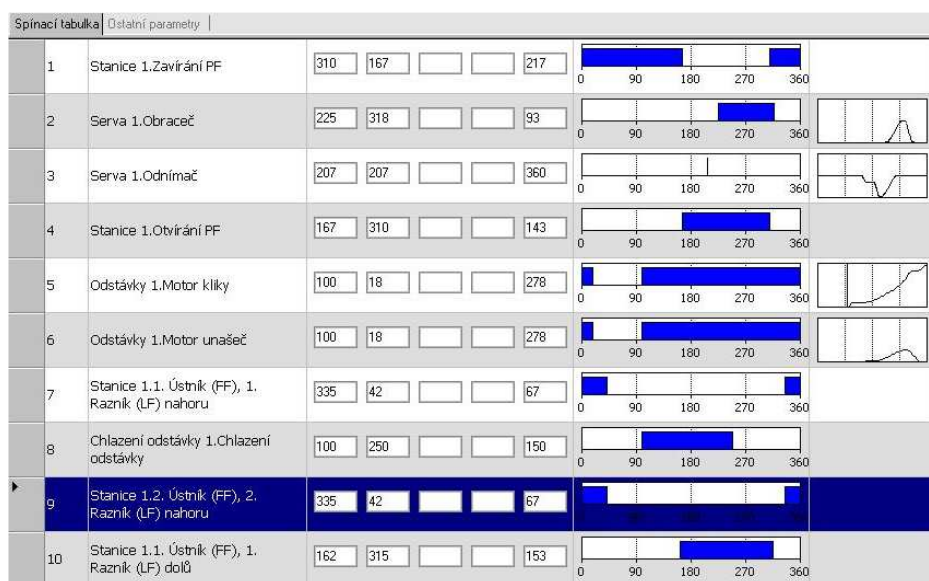
Moduly MES:

- sběr a archivace dat.

Sklostroj (2005)

Recepturové řízení sklářského stroje.

Použité SW prostředky: MS SQL server, MS Visual Studio .NET 2003.



Obrázek 3.4: Ukázka MES systému, na kterém je zobrazena spínací tabulka strojů. [11]

Popis řešení:

Pro pokrokové řízení sklářského stroje na výrobu skleněných lahví byl nad řídicí systém vyvinut nadřazený recepturový MES systém. Tento systém umožňuje velmi pružný přechod z jednoho typu výrobku na jiný pouhou volbou předdefinované receptury, obsahující stovky parametrů stroje. Recepturový systém umožňuje přidávat nové receptury, editovat parametry stávajících receptur a tímto postupem vytvářet knihovnu receptur výrobků. Součástí řešení je také dálková správa celého systému pomocí VPN, což umožňuje rychlou podporu i velmi vzdáleným zahraničním zákazníkům. [11]

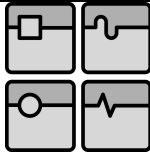
Moduly MES:

- sběr a archivace dat,
- správa dokumentace.

Moratop (2005)

System řízení zkušebny kotlů.

Použité SW prostředky: MS SQL server, PHP.

**Popis řešení:**

Realizace MES aplikace pro automatizované vyhodnocování zkoušek plynových kotlů na zkušebních stanicích, a to jak pro zkušební pracoviště pro vývoj kotlů, tak pro zkušební pracoviště na výrobních linkách. Součástí aplikace je generování výstupních protokolů testovaných kotlů. [11]

Moduly MES:

- sběr a archivace dat,
- správa dokumentace,
- analýza výkonnosti.

Protherm (2005)

Systém řízení zkušebny kotlů.

Použité SW prostředky: MS SQL server, PHP.

test	Skupina	Č.p.	Protokol č.	Typ měřeného kotle	Druh zkušeb. plynu	Provedeno dne	Výrobní číslo kotle	Zkoušku provedl	Stav
Vše	test	1	p01_17122004_00		G3	17.12.2004			0
	test	1	p01_22122004_00		G3	22.12.2004			0
	test	1	p01_22122004_01		G3	22.12.2004			0
	test	1	p01_23122004_00 0.1		G3	23.12.2004	144	žere	0
	test	1	p01_04012005_00		G1	04.01.2005			0
	test	1	p01_04012005_01		G1	04.01.2005			0
	test	4	p04_04012005_00		G1	04.01.2005			0
	test	1	p01_06012005_00		G1	06.01.2005			0
	test	1	p01_06012005_01		G1	06.01.2005			0
	test	7	p07_11012005_00		G7	11.01.2005			0
	test	6	p06_11012005_00			11.01.2005			0
	test	5	p05_11012005_00			11.01.2005			0
	test	4	p04_11012005_00		G11	11.01.2005			0

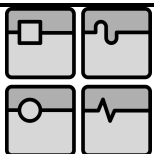
Obrázek 3.5: Ukázka systému implementovaného ve firmě Protherm. Je zde znázorněna tabulka seznamů protokolů. [11]

Popis řešení:

Implementace základních modulů MES systému pro automatizované vyhodnocování zkoušek plynových kotlů na zkušebních stanicích. Systém byl vyvíjen pro zkušební pracoviště pro vývoj kotlů a pro zkušební pracoviště na výrobních linkách. Součástí aplikace je generování výstupních protokolů testovaných kotlů. [11]

Moduly MES:

- sběr a archivace dat,
- správa dokumentace,
- analýza výkonnosti.



Zentiva (2005)

Projekt automatizace - řízení potahovaček.

Systémové prostředky: Simatic S7 300, Vizualizace WinCC, COMES Batch.

Realizace recepturově orientovaného řídicího systému potahovacího stroje GLATT. Součástí je pružná definice výrobního předpisu pomocí systému COMES Batch, s možností volné definice sledu výrobních kroků plnění, postřiku jader tablet, sušení, profuku, vyprázdnění stroje. Součástí řešení je elektronický záznam o šarži. [11]

Moduly MES:

- sběr a archivace dat,
- správa dokumentace,
- analýza výkonnosti,
- řízení kvality.

VAK Mladá Boleslav (2003)

Přenos procesních dat.

Použité SW prostředky: MS SQL server.

Popis řešení:

Aplikace zahrnovala realizaci přenosu procesních dat z řídicího systému technologie do podnikového informačního systému (SQL serveru). [11]

Moduly MES:

- sběr a archivace dat.

Kraft Foods (2003)

Sběr a archivace technologických veličin.

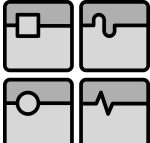
Použité SW prostředky: Data manager.

Popis řešení:

Implementace systému Data manager pro sběr, archivaci, analýzu a prezentaci procesních dat ve výrobě sýrů. [11]

Moduly MES:

- sběr a archivace dat,
- analýza výkonnosti.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 37
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Lonza Biotec (2002)

Sběr a archivace technologických veličin.

Použité SW prostředky: Data manager.

Popis řešení:

Implementace systému Data manager pro sběr, archivaci, analýzu a prezentaci procesních dat v biotechnologické výrobě farmaceutických substancí. [11]

Moduly MES:

- sběr a archivace dat,
- analýza výkonnosti,
- krátkodobé plánování – operativní řízení výroby,
- správa dokumentace.

Aventis (2002)

Sběr a archivace technologických veličin.

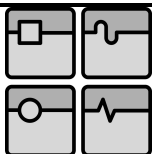
Použité SW prostředky – Data manager.

Popis řešení:

Implementace systému Data manager pro sběr, archivaci, analýzu a prezentaci procesních dat ve výrobě krevních derivátů. [11]

Moduly MES:

- sběr a archivace dat,
- analýza výkonnosti.

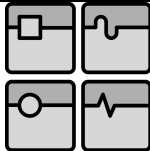


3.2. Zhodnocení

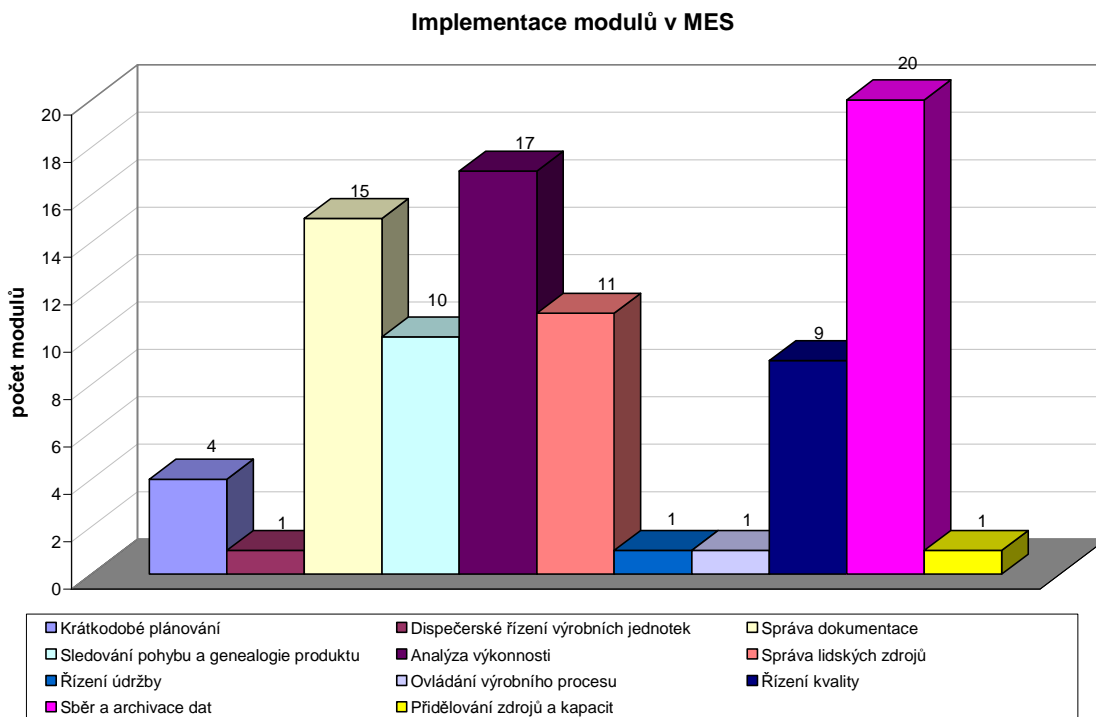
Analýzu systémů implementovaných v ČR jsem shrnula do následující tabulky (Tabulka 3.1). Je v ní zobrazen seznam zakázek a moduly dle MESA. U každé zakázky je zapsáno její modulární složení.

Tabulka 3.1: Analýza systémů implementovaných v ČR.

Firma	Krátkodobé plánování	Dispečerské řízení výrobních jednotek	Správa dokumentace	Středování pohybu a genealogie produktu	Analýza výkonnosti	Správa lidských zdrojů	Řízení údržby	Ovládání výrobního procesu	Řízení kvality	Sběr a archivace dat	Přídělování zdrojů a kapacit
Protherm - zkušebna (2005)			•		•					•	
Protherm - montáž (2007)	•		•	•		•			•	•	
Keravit (2007)			•	•	•	•			•	•	
Liplastec s.r.o.(2007)	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•
Huhtamaki (2007)			•	•	•	•			•	•	
Automotive lightning - termoplasty (2008)			•	•	•	•			•	•	
TRW Lucas Varity - poloautomatická výroba (2006)	•		•	•	•	•			•	•	
TRW Lucas Varity - ruční výroba (2006)			•	•	•	•			•	•	
Pliva Lachema (2005 - 2006)	•		•			•		•		•	
LONZA Biotec (2002 - 2006)					•	•				•	
Federal-Mogul Friction Products (2006)			•	•	•	•				•	
PM Kutná Hora (2006)			•	•	•	•				•	
Potravinářský průmysl (2006)			•	•	•				•	•	
Měšťanský pivovar Polička (2006)			•		•					•	
Vaillant (2006)					•						
Sapeli (2005)			•							•	
Sklostroj (2005)										•	
Moratop (2005)			•		•					•	
Zentiva (2005)			•		•				•	•	
Kraft foods (2003)					•					•	
VAK MB (2003)										•	
Aventis Marburg (2002)					•					•	



V následujícím grafu (Obrázek 3.5) je znázorněno využití modulů dle MESA v závislosti na počtu jejich implementace v zakázkách. Hodnotila jsem celkem 21 zakázek z nichž byl nejvíce zastoupen modul Sběr a archivace dat.

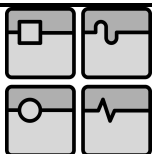


Obrázek 3.6: Graf znázorňuje využití jednotlivých modulů ve zkoumaných systémech.

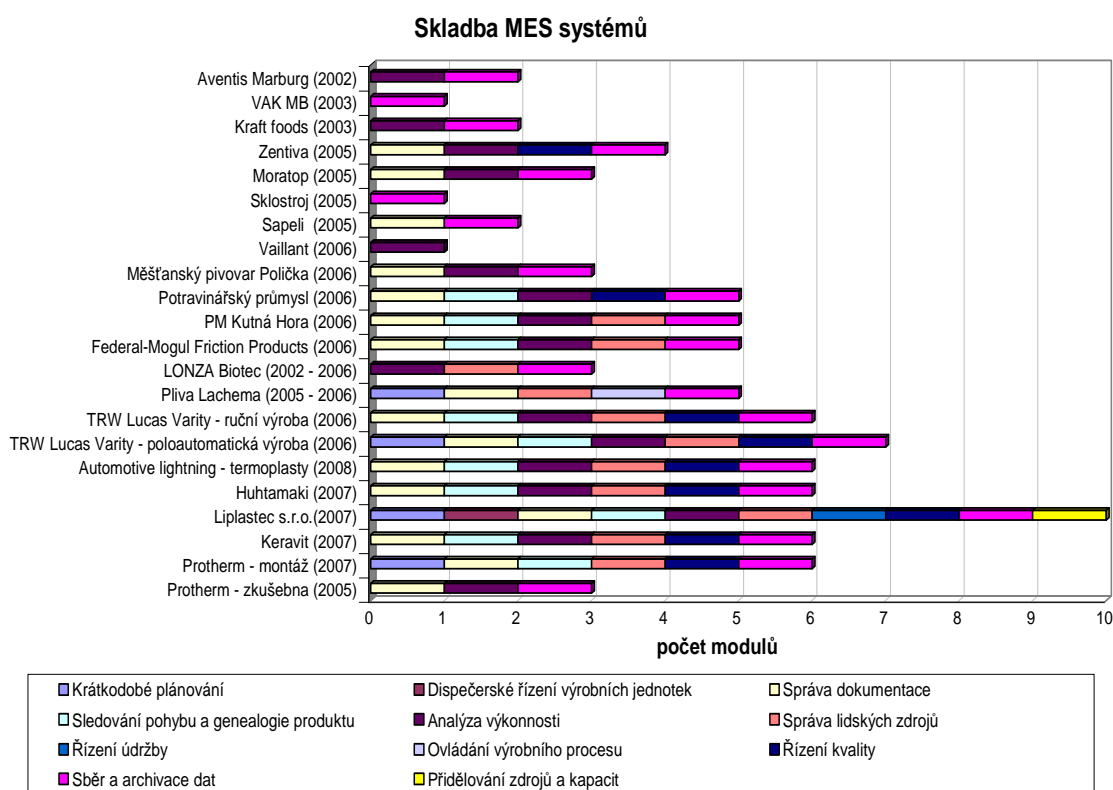
Následující tabulka (Tabulka 3.2) zobrazuje procentuální zastoupení modulů MES implementovaných v systémech.

Tabulka 3.2: Využitelnost jednotlivých modulů.

Moduly	Krátkodobé plánování	Dispečerské řízení výrobních jednotek	Správa dokumentace	Sledování pohybu a genealogie produktu	Analýza výkonosti	Správa lidských zdrojů	Řízení údržby	Ovládání výrobního procesu	Řízení kvality	Sběr a archivace dat	Přidělování zdrojů a kapacit
využitelnost v %	19	4,8	71	48	81	52	4,8	4,8	43	95	4,8



V grafu (Obrázek 3.7) je znázorněna skladba zkoumaných MES systému. Zde je velmi dobře vidět modulové složení a komplexnost zkoumaných MES systémů.



Obrázek 3.7: V grafu je zakresleno modulární složení zkoumaných MES systémů v jednotlivých aplikacích.

Z rozboru MES systémů v ČR jsou zřejmé požadavky výrobních podniků na odstranění problémů s komunikací v reálném čase mezi managementem podniku a řízením výroby. Vlivem tlaku svých zákazníků na schopnost pružně reagovat na změny požadavků nebo zadání nových zakázek s vysokou prioritou plnění byly nuceni tuto komunikační díru z důvodů konkurenceschopnosti vyplnit.

Z prvního grafu vyplývá, že podniky nejvíce investovaly do modulu Sběr a archivace dat jako propojujícího prvku mezi již zmiňovanými úrovněmi podniku. Tento modul je zabezpečen neustálým monitoringem výroby, kde se informace z výroby dostávají do PLC a z jejich výstupů se pak přenáší do systémů, kde se třídí a archivují. Z těchto dat se provádí analýza výkonnosti výroby, kde může management vidět aktuální reporty z výroby.

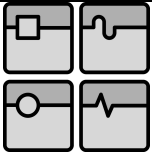
Dalším důležitým prvkem je odstranění papírové formy dokumentace a průvodních listů výrobků. Výrobní podniky dle výsledků analýzy potřebovali eliminovat chybná, neúplná nebo chybějící informace o výrobcích a nechali si zavést modul Správu a dokumentaci, kde získali okamžitý přehled o výkresové dokumentaci, technologii výroby apod. Sledováním a genealogií výrobků odstranili problémy špatné kontroly toku výrobků výrobou a papírové formy jejich průvodních listů. Další moduly byly zaváděny dle finančních možností a nutnosti jejich zavedení do výrobních podniků.

Znázornění skladby a komplexnosti řešení analyzovaných MES systémů v grafu (Obrázek 3.7) je hrubým obrazem stavu pokročilosti zkoumaných podniků a jejich schopnosti se přizpůsobovat požadavkům trhu.

Výrobní podniky, které investovaly alespoň do základních stavebních kamenů MES systémů (Sběr a archivace dat, Správa dokumentace, Analýza výkonnosti a Sledování a genealogie produktu) v různém stupni rozsahu modulů v rámci celé výroby a podniku hodnotily přínosy MES systémů, jak je uvedeno níže (Tabulka 3.3).

Tabulka 3.3: Přínosy v úrovních výrobního podniku.

Sledovaná úroveň ve výrobním podniku - přínosy		
Výrobní proces	Plánování výroby	Celopodniková úroveň
Redukce délky výrobního času cyklu Průměrná redukce byla průměrně 35% Rozsah redukce byl 20 – 75%	Uvedené hodnotící prvky jsou přibližné procentuální odhady. Přínosy:	Zlepšení návratnosti vložených investic Průměrně 15 měsíců Doba návratnosti se pohybovala od 6 – 24 měsíců
Redukce nebo eliminace času potřebného na zadávání údajů do systému Průměrná redukce byla 40% Rozsah redukce 0 - 90%	Zvýšení flexibility vzhledem k zákazníkovi – schopnost pružně reagovat na změny v zakázkách nebo zařazovat do výroby zakázky nové.	Úspory nákladů ve výrobě nelze specifikovat z důvodů obchodního tajemství.
Redukce stupně rozpracovanosti výroby Průměrná redukce byla 32% Rozsah redukce 0 – 80%	Vzhledem k aktuálním informacím mohou vedoucí pracovníci okamžitě reagovat na vnější i vnitřní vlivy ve výrobě.	Zlepšení služeb zákazníkům – možnost rychleji reagovat na požadavky, nepředpokládané změny, nové urgentní zakázky a schopnost jejich optimálního zapracování do výroby.
Redukce administrativní práce Průměrná redukce byla 70% Rozsah redukce: 0 – 100%	Snadnější dodržování norem a standardů např. ISO 9000.	Získání konkurenčních výhod a zvýšení podílu na trhu.
Redukce průběžných časů ve výrobě Průměrná redukce: 22% Rozsah redukce: 0 – 80%		
Zvýšení kvality produkce – snížení zmetkovitosti Průměrná redukce byla 22% Rozsah redukce: 0 – 65%		



4. Systémový návrh inteligentního MES systému

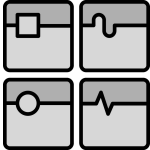
V této části diplomové práce budu zpracovávat obecný systémový návrh inteligentního MES systému.

Intelligence systému bude spočívat v:

- schopnosti automatického zpracovávání velkého množství dat,
- automatické provádění pozorování a vybírání podstatných informací pro řízení výrobního procesu,
- automatické vyhodnocování parametrů a jejich zformování do klíčových výrobních charakteristik,
- automatické plánování a provádění operací k dosažení optimální výroby v podniku za schopnosti řešit problémy bez numerických algoritmů - ve svém systémovém návrhu inteligentního MES systému se budu zabývat plánováním, přeplánováním a výkonnostními charakteristikami řešenými metodou genetických algoritmů. Automatické přeplánování bude probíhat na základě porovnávání Ganttových diagramů naplánovaného původního diagramu se skutečnou situací zakreslovanou do dalšího diagramu.

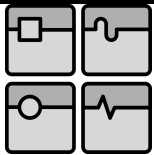
Modely MES systému, jež budou použity v tomto systémovém návrhu inteligentních MES systémů:

1. Sběr a archivace dat – systém má schopnost provádět pozorování na základě monitoringu a dat přicházející z PLC, vybírat z nich podstatné informace a dále je třídit dle různých filtrů.
2. Správa dokumentace - to bude znamenat, že ke každému výrobku bude v systému zavedena kompletní dokumentace, které budou zahrnovat technickou dokumentaci, popis výrobků, výkresovou dokumentaci, výrobní postupy, harmonogramy, protokoly o změnách, receptury, pracovní příkazy.
3. Informace o průběhu a výsledcích výroby a porovnání plánu se skutečností budou spravovány modulem MES Analýza výkonnosti, kde se budou sledovat a počítat klíčové výrobní ukazatele, porovnávat výsledky aktuálně dosahované ve výrobě. Dosažené informace se budou formovat do grafů, tabulek a jiných charakteristik důležitých pro výrobu. Obsluze zařízení pak přímo ze systémů přichází instrukce a poskytuje informace potřebné k řízení výroby. Může též obsahovat instrukce týkající se dodržování předpisů v oblasti životního prostředí, zdraví a bezpečnosti práce, případně i vazbu na řízení jakosti ve smyslu norem ISO.
4. Nedílnou součástí systému bude sledování pohybu a genealogie produktu. V systému bude sledován každý výrobek a dávka v celém výrobním cyklu. Důležitým faktorem je současné uložení skutečných podmínek, za nichž byly výrobky a dávky vyrobeny – záznamy o jednotlivých krocích, použitých materiálech, postupech, klíčových technologických veličin (např. teplota, hladina látky, konzistence, vlhkost) apod..
5. Systémový návrh bude obsahovat Správu lidských zdrojů. Bude se v ní sledovat činnost pracovníků (každý pracovník bude mít svoji magnetickou kartu, kterou se musí přihlásit na terminálu stroje, kde se jeho karta načte pomocí RFID snímače) a jejich skupin (např. mistra na dílně a jeho podřízených) ve výrobě – na kterém

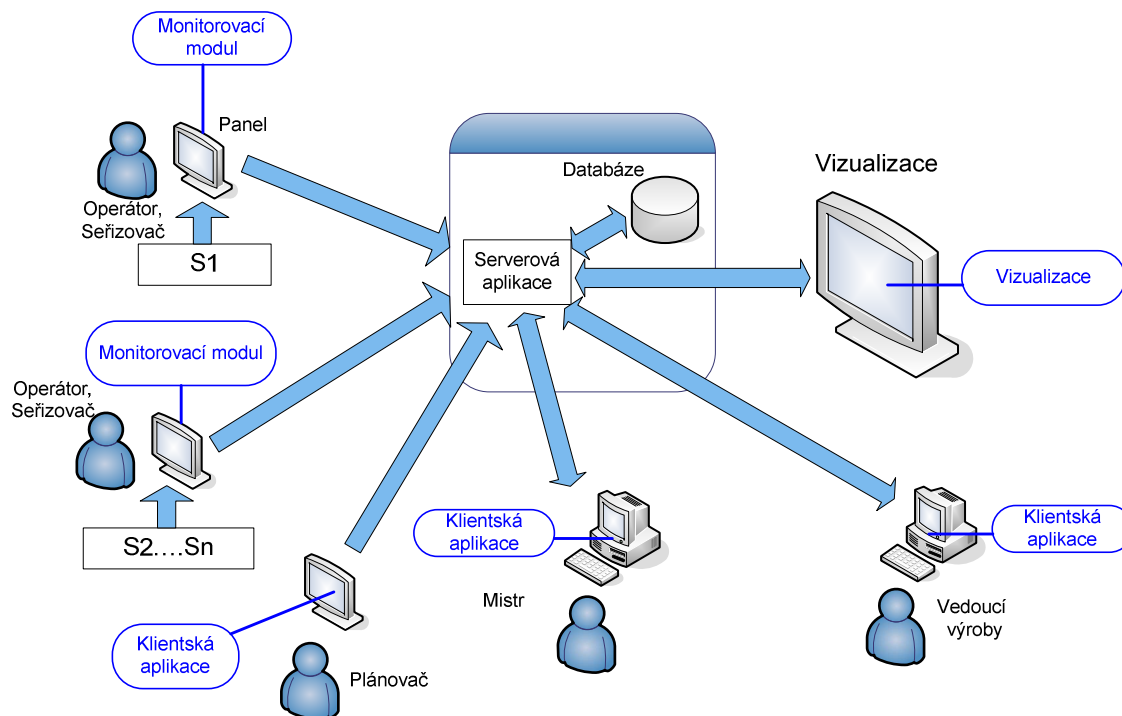
	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 43
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

stroji daný pracovník pracoval, jaké výrobky vyráběl, jakou měl zmetkovitost a její příčiny nebo naopak jakou měl produktivitu, jaké byly prostoje v jeho směně, proč vznikly a za jak dlouho se mohl stroj vrátit plně do výrobního procesu.

6. Modul řízení kvality se zajišťuje analýzou dat snímaných z výrobního zařízení v reálném čase s cílem sledovat kvalitu vyráběného produktu a včas identifikovat nežádoucí odchylky. Jedná se o průběžné statistické vyhledávání rozdílů mezi požadovanými a skutečnými parametry procesu a vyhledávání příčin nežádoucích odchylek. Pro tento model se převážně využívá metoda SPC- statistická kontrola procesu/SQC- statistická kontrola kvality.
7. Krátkodobé plánování, operativní řízení výroby – schopnost systémového generování denních až měsíčních plánů výroby na základě vnějších informací. Vizualizace stavů technologie slouží pro okamžitý přehled o provozním stavu jednotlivých strojů, výrobních linek a zařízení. Součástí jsou informace o provozních podmínkách ve výrobě, technologických parametrech ovlivňujících kvalitu výroby, údaje vztahované k výrobkům (operace strojů, počty kusů), evidence prostojů nebo výluk zařízení při seřizování strojů. To umožňuje tvorbu krátkodobých (např. denních) výrobních rozvrhů zohledňujících sekvence výrobních operací a jejich rozvržení mezi jednotlivá výrobní zařízení tak, aby se předešlo zbytečnému přestavování, prostojům, aby byla minimalizována spotřeba energie, omezeny dopravní operace apod. Jde o konečný rozvrh, beroucí v úvahu alternativní a paralelní i překrývající se výrobní operace s cílem přesně stanovit dobu trvání výroby.



4.1. Základní návrh funkce systému



Obrázek 4.1: Na obrázku je znázorněna navrhovaná architektura MES systému.

Systém bude složen z následujících částí:

1. Serverová aplikace – bude se zobrazovat na MES serveru a bude zodpovědná za komunikaci s databází, kde budou uložena veškerá data systému (data o strojích, provozní data, data o objednávkách atd.). Dále bude provádět všechny výpočty a připravovat všechny reporty pro klientské aplikace
2. Monitorovací modul – bude se zobrazovat na panelech u strojů. Bude se starat o vstup dat od operátora a seřizovače, automatický sběr dat a bude poskytovat základní statistiky o stroji. Nasbíraná data bude zasílat serverové aplikaci, která je bude ukládat do databáze.
3. Vizualizace – bude zobrazovat rozvržení haly se základními informacemi o stavu výroby a strojů.
4. Klientská aplikace – umožní vytvářet reporty a statistiky, zobrazovat aktuální stav výroby, měnit parametry strojů (normy atd.), nahrávat plán na dané stroje z plánovacího modulu apod.
5. Plánovací modul – automatická schopnost plánování a přeplánování při překročení nastavených parametrů dispečerem. Výroba se bude neustále pomocí Ganttových diagramů porovnávat plán versus skutečnost a při překročení nastavených parametrů se automaticky přeplánuje výroba. Vysokou zmetkovitost (stroje, výrobku), délku operace (dávky) větší než nastavená, poruchy stroje a další negativní vlivy ve výrobě řídí dispečer.

Při navrhování systému je třeba určit role zaměstnanců v podniku a stupeň jejich oprávnění pro vstup do systému.

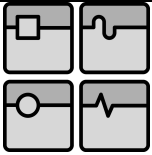
Uživatelské role v systému:

- Seřizovač – bude moci v systému zadávat důvody prostojů při výměně nástroje nebo seřízení stroje. Systém automaticky pozná, že stroj nepracuje a uloží do systému čas začátku prostoje a při spuštění stroje zapíše do systému konec prostoje.
- Údržbář – do systému bude vkládat typ prostoje podle charakteru prováděné údržby.
- Operátor – oprávnění se vztahuje pouze na výběr zmetků a výběr prostoje
- Kontrolor jakosti – na tuto pozici se vztahuje oprávnění nahlášení zmetků, oprava počtů a důvodů zmetků a zobrazení sestav.
- Hlavní seřizovač – má možnost zobrazování výběru sestav, jejich vizualizace, měnit parametry strojů.
- Směnový mistr – má oprávnění sledovat zobrazování sestav, vizualizace, měnit technické parametry strojů, nastavovat alarmy a opravovat data.
- Technolog – pro kontrolu výroby bude moci sledovat zobrazování sestav, vizualizace, měnit technické parametry strojů, zpětně opravovat data, nastavovat alarmy.
- Plánovač výroby, dispečer – bude sledovat automatické přeplánování výroby genetickým algoritmem a na základě svého odborného posouzení bude rozhodovat o zahájení nebo dalším přeplánování výroby. Bude mít oprávnění zobrazovat sestavy a vizualizaci systému.
- Management, Vedoucí výroby – zobrazování sestav, vizualizace, změna parametrů strojů, oprava dat, správa alarmů.
- Administrátor – kompletní administrace MES systému včetně administrace uživatelů a jejich rolí.

Tabulka 4.1: Role uživatelů a jejich oprávnění.

Funkce uživatele	Stupeň oprávnění
Seřizovač	1
Údržbář	1
Operátor	2
Kontrolor jakosti	3
Hlavní seřizovač	4
Směnový mistr	5
Technolog	6
Plánovače výroby, dispečer	7
Management, vedoucí výroby	9
Administrátor	10

Každý uživatel využívající systém se musí přihlásit – buď jménem a heslem (do klientské aplikace) nebo identifikační kartou. Systém nabídne uživateli funkcionalitu podle jeho role. Každá část systému (reporty, nastavení systému, zadávání zmetků apod.) má určenu



minimální úroveň oprávnění, kterou nastavuje administrátor (hodnota od nejmenší úrovně 1 po nejvyšší hodnotu 10). Každá role má určenu konfigurovatelnou úroveň oprávnění do klientské aplikace. Každý uživatel může mít přiřazeno více rolí (v tom případě se bere nejvyšší hodnota oprávnění ze všech jeho rolí).

4.2. Funkcionalita modulů

4.2.1. Monitorovací modul

Přihlašování do monitorovacího modulu

Uživatel se do monitorovacího modulu přihlašuje přiložením identifikační karty ke čtečce. Každý terminál umožňuje dva módy přihlašování (bude se nastavovat v klientské aplikaci pro každý stroj).

Umožňuje pouze jednoho přihlášeného uživatele: v tomto případě přihlášení uživatele automaticky odhlásí právě přihlášeného uživatele a povolí funkce dle práv nově přihlášeného uživatele. Přihlášený uživatel se může odhlásit opětovným přiložením karty ke čtečce.

Umožňuje přihlášení více uživatelů najednou: v tomto případě přihlášení uživatele neodhlásí předchozího uživatele. Terminál povolí funkce dle nejvyšších práv ze všech přihlášených uživatelů. Přihlášený uživatel se může odhlásit opětovným přiložením karty ke čtečce (terminál pak povolí funkce dle nejvyšších práv ze všech zbylých přihlášených uživatelů).

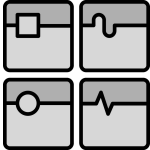
Monitorovací moduly pro stroje

Bude se zobrazovat na panelech připojených ke stroji. Modul bude umožňovat ruční vstup těchto informací z panelu:

- Zmetek a jeho důvod – pro identifikaci zmetku operátor zmáčkne tlačítko odpovídajícího důvodu a poslední vyrobený kus bude označen jako zmetek
- Důvod prostoje – začátek a konec prostoje bude detekován automaticky. Odpovědná osoba (seřizovač, údržbář, hlavní seřizovač, směnový mistr, management) zadá důvod prostoje. Prostoj bude ukončen opětovným rozjetím stroje viz Prostoje
- Výběr výrobku – po změně nástroje seřizovač vybere zpracovávaný výrobek ze seznamu a nastaví ho jako aktuálně zpracovávaný. Seznam možných zakázek pro daný stroj bude načten z plánu pomocí klientské aplikace. V případě výroby více výrobků najednou (párový výrobek), vybere seřizovač oba dva výrobky.

Modul bude vždy napojen na příslušný stroj. V čase bude snímán základní signál detekující ukončení operace stroje. Tato informace se bude převádět do následujících údajů:

- Počet provedených operací – po každém přijmutí signálu se počet operací zvýší o 1. Bude tedy k dispozici počet provedených operací. Počet výrobků pro každý nastavený výrobek na stroji se zvýší o jeden. V případě potřeby se může evidovat i průběh operace.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 47
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

- Stav stroje – délka operace pro aktuální výrobek je nastavena při přehazování výroby jako standardní délka operace pro daný výrobek (při zpracovávání dvou výrobků najednou, které by měly odlišnou délku operace, se nastaví delší délka operace jako standardní). Pokud systém zjistí, že nebyla provedena žádná operace pro dobu delší než předdefinovaný čas (násobek pracovní operace), tak nastaví stav stroje jako prostoj (hodnotu tolerance bude možno konfigurovat). Systém rozlišuje pouze dva stavy stroje – výroba a prostoj.
- Začátek a konec operace – signál bude identifikovat začátek a konec pracovní operace (konec operace se rovná automaticky začátek další operace). Délka operace se porovná s normovanou délkou operace, a pokud je delší, tak se rozdíl časů přičte k délce prostojů (jako mikroprostoj) a daná operace se uloží jako „dlouhá operace“. Rozdíl reálné operace a normované operace bude tolerován do 5 sekund (hodnota tolerance bude konfigurovatelná).

Signály můžou být přivedeny ze stroje do modulu (připojeného PLC) několika způsoby. Pro každý stroj se vybere odpovídající způsob podle jeho možností:

- signál bude vyveden přímo z řídicího systému stroje,
- signál bude generován optickým čidlem (světelnou závorou) nebo tlakovým snímačem.

Potřebné signály budou přivedeny ze stroje do připojeného PLC a z něho budou zpřístupněny do monitorovacího modulu (to umožní nezávislost monitorovacího modulu na charakteru přivedených dat a zjednoduší případné změny přiváděných signálů). Všechna data budou ihned zasílána na server. Při výpadku komunikace se serverem (výpadek serveru, porucha sítě) se budou data ukládat lokálně a zašlou se na server při obnovení spojení (v případě nedostupnosti serveru bude funkcionality modulu omezena – nemožnost přihlášení uživatelů, změny parametrů stroje apod.).

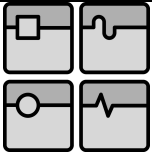
Modul bude zobrazovat na panelu základní informace o stroji/zakázce:

- Informace o stroji – číslo, jméno, normy (délka operace pro daný výrobek, počet vyrobených kusů za hodinu atd.). Výkon stroje bude počítán pro plovoucí interval, který je možné konfigurovat (např. 2hod) jako počet reálně vyrobených výrobků/požadovaný počet vyrobených výrobků za plovoucí interval.
- Aktuální informace – informace o zpracovávané výrobní dávce/zakázce (číslo zakázky/dávky, počet kusů, druh výrobku), aktuální stav stroje, počet zmetků (za směnu), délka prostojů (celkem za směnu, aktuální prostoj), plnění aktuální zakázky/dávky a její odhadované ukončení.

4.2.2. Klientská aplikace

Jedná se o aplikaci např. v systému MS Windows s grafickým uživatelským rozhraním (GUI – Graphics User Interface). Tato aplikace umožňuje:

- Nastavovat parametry stroje – měnit nastavení strojů v databázi (normy, vlastnosti, popis apod.) Jedná se o konfiguraci systému přístupnou správci systému.



- Vytvářet výstupní sestavy – tvorba reportů a statistik o směně, stroji, výrobků, vizuální zobrazování stavu výroby apod. Tyto reporty bude možno exportovat do programu na generování výrobních analýz.
- Plánování výroby – plán bude generován automaticky pomocí evolučního algoritmu. Bude obsahovat seznam zakázek pro daný stroj (číslo výrobní dávky, kód výrobku, počet atd.). Zobrazení plánů bude pomocí Ganttových diagramů.
- Upravovat zadaná data – někteří uživatelé (např. směnový mistr) budou mít dle jejich oprávnění možnost změnit špatně zadaná data (např. důvod prostoje, důvod zmetků apod.).

Návrh přihlašování do klientské aplikace

Obrázek 4.2: Při přihlašování do klientské aplikace bude uživatel vyplňovat login a heslo. Při přihlášení se zobrazí číslo karty, pracovní umístění, tým, firemní email a SMS email.

4.2.3. Reporty o stavu výroby – výstupní sestavy

Stav strojů – databáze strojů, status stroje

Uložit | Změny

Kód: S1a | Popis: Stroj S1a je umístěn v hale 1 | Interval obnovování: 60 [s] | Obnov

Jméno: Stroj 1a | Povolit přihlášení více uživatelů

Tolerance prostoje pro operaci: 60 [s] | Tolerance mikroprostoje: 5 [s]

Běží

Naposledy aktivní: 10.4.2008 10:26:31

Délka operace: 00:05:23

Jméno	Příjmení	Čas přihlášení
Jan	Novák	10.4.2008 06:03:01

Skupiny: Typ 1

Obrázek 4.3: Navržení formuláře na zobrazování stavu strojů. Stav stroje budou dva - stroj běží a prostoje. V tabulce se bude zobrazovat název, kód stroje, popis stroje, interval obnovování, tolerance prostoje na operaci, tolerance mikroprostoje, naposledy aktivní, délka operace a jméno přihlášeného uživatele.

Vytíženost

Počítá se pomocí koeficientu efektivity zařízení OEE - počet vyrobených kusů i počet špatných kusů vyrobených na daném zařízení (stroj, linka) je exaktně dán čítačem počtu kusů. Nesprávná metodologie se může vyskytnout u časových ztrát (neplánovaná výroba, prostoje, ztráty výkonu).

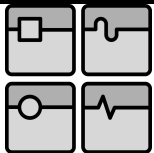
Datum Od: 1. května 2008 | Do: 31. května 2008 | Vše | Načti data

Skupina strojů: Vše | Exportuj

Tisknout | Zobraz graf

Datum	Stroj	Počet dobrých výrobků	OEE
14.05.2008	S1a	657	1,85

Obrázek 4.4: Návrh formuláře na zobrazení vytíženosti strojů. Bude zde možnost výběru časového úseku a skupiny strojů. V tabulce se pak budou zobrazovat informace o počtu dobrých výrobků. V posledním sloupci zjistíme vytíženost stroje. Zobrazení bude možné mít i v podobě grafu.



Významy jednotlivých časových ztrát a jejich správné rozčlenění pro výpočet OEE:

Nenaplánovaná výroba – zařízení není zahrnuto do plánu a nejsou tak např. využity směny. Pro výpočet OEE tyto časy nejsou podstatné, ale je důležité, abychom je měli k dispozici.

Prostoje z důvodů nedostupnosti zařízení – do výpočtů je zahrnujeme, pokud trvají déle než několik minut. Tyto prostoje (změna výroby, přestávka, čištění, preventivní údržba apod.) mají významný vliv na výrobu.

Ztráty výkonu – jedná se o různá zdržení (např. výroba probíhá pomaleji), které snižují výkonnost zařízení. Krátké prostoje trvají několik sekund až minut a jejich výskyt je častý a opakovaný. V celkové bilanci tvoří zpoždění několik desítek minut, ale pro jejich krátkost se většinou tyto prostoje nikde nezaznamenávají.

Využitelnost

Počítá se bez mikroprostoje. Navrhovaný příklad výpočtu využitelnosti:

$x = \text{Počet minut za směnu} - (\text{Plánovaná údržba} + \text{Roční plánovaná údržba} + \text{Další prvky související s údržbou stroje})$

$\text{Využitelnost} = x - \text{délka mikroprostoje v minutách.}$

Datum	Stroj	Směna	Délka prostoje	Délka produkce	Využitelnost
14.04.2008	S1a	Ranní	00:19:36	07:40:24	95,83

Obrázek 4.5: Návrh formuláře na zobrazení využitelnosti strojů. Bude zde možnost výběru časového úseku, výběru směny, skupiny strojů. V tabulce se pak budou zobrazovat informace o době trvání prostoje a produkce. V posledním sloupci zjistíme využitelnost směny a stroje. Zobrazení bude možné mít i v podobě grafu.

Prostoje

V prosojích bude zahrnut: typ stroje, směna, délka prosoje, typ prosoje, zodpovědný pracovník, začátek a konec prosoje. Podle prosojů se bude přepínávat výroba.

Stroj	Směna	Délka prosoje	Typ prosoje	Odpovědný pracovník	Začátek	Konec	Poznámka
S1a	Noční	00:10:37	Porucha stroje	Novák Jan	07:38:19	07:48:56	

Obrázek 4.6: Ve formuláři prosojů se bude opět vybírat časový úsek, směna, skupina strojů a typ prosoje, který chceme zobrazit. Bude možné zobrazit i ty prosoje, u kterých nebyl zadán jejich důvod. Ve výčtové části návrhu se pak bude zobrazovat stroj, směna, délka prosoje, odpovědný pracovník, začátek, konec prosoje a poznámky. Zobrazení bude možné mít i v podobě grafu.

Statistika zmetkovitosti

Zobrazuje výrobek, kód výrobku, dobré kusy, zmetky, vyrobené kusy celkem, % zmetkovitost, technologické zmetky. Možnost kontrolovat přes formulář určité časové rozmezí, které nás zajímá.

Výrobek	Kód výrobku	Dobré kusy	Zmetky	Celkem	Zmetkovitost %	Technologické zmetky
Výrobek 1	V1	1037	89	1126	7,91	16

Obrázek 4.7: Návrh zobrazování statistiky zmetkovitosti výrobků. Bude možnost výběru časového období, směny, skupiny strojů a výrobků. Ve výčtové tabulce se pak bude zobrazovat výrobek, kód výrobku, dobré kusy, zmetky, celkový počet vyrobených kusů, zmetkovitost v procentech a množství technologických zmetků. Zobrazení bude možné mít i v podobě grafu.

Důvody zmetků

Zobrazuje výrobek, kód výrobku, typ zmetku (bude určitý výběr typů zmetků), počet zmetků, počet zastoupení určitého typu zmetku ve výrobě.

Výrobek	Kód výrobku	Typ zmetku	Počet	Procentuální zastoupení
Výrobek 1	V1	Překročení tolerance přesnosti	38	27

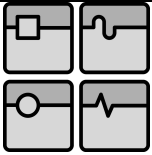
Obrázek 4.8: Návrh zobrazení důvodů zmetků. Bude se vybírat časové období, které chceme sledovat, směnu, skupinu strojů a výrobek. V tabulce se nám pak bude vypisovat ke každému výrobku typ zmetku, jejich počet a procentuální zastoupení v celkové zmetkovitosti. Zobrazení bude možné mít i v podobě grafu.

Historie operací stroje

Zobrazuje stroj, typ prostředku, kterým operace provádí, pořadí operace – číslo pořadí v plánu, začátek a konec operace, délka operace, počet zmetků.

Datum	Směna	Stroj	Standardní délka operace	Počet operací	Průměrná délka	Procentuální odchylka
17.04.2008	Odpolední	S1a	00:05:00	958	00:05:07	2,33

Obrázek 4.9: Návrh zobrazení historie operací. Po zvolení časového období, směny a skupiny strojů se zobrazí výčet standardních délek operací, jejich počet, průměrná délka a procentuální odchylka od standardní délky operace pro určitý stroj, směnu a den.



Prostoje

Zadávání a evidence prostojů bude prováděno na panelu u stroje.

Postup při zpracování prostoje:

1. Monitorovací modul zaznamená začátek prostoje a zobrazí na panelu okno pro zadání důvodu prostoje.
2. Seřizovač nebo údržbář se přihlásí kartou a zadá důvod prostoje a provede opravu/seřízení. (Každý pracovník, který se účastní odstranění prostoje (údržba, seřizovač, nástrojář se musí vždy přihlásit kartou)
3. Obsluha bude moci zadat další prostoj ručně, čímž se předchozí prostoj ukončí a začne nový prostoj s novým důvodem.
4. Prostoj je automaticky ukončen rozjetím stroje. Pokud nebude zadán důvod prostoje před ukončením prostoje, tak bude možno důvod prostoje zadat v klientské aplikaci (pouze uživatel s příslušným oprávněním).
5. Při prostoji na stroji, u kterého bude povoleno změnit výrobek, se zobrazí dialog pro výběr nového výrobku. Zobrazí se seznam výrobků převzatý z plánu pro daný stroj. Seřizovač vybere nově vyráběný výrobek.

Zmetky

Zadávání zmetků bude prováděno na panelu u stroje.

Postup při zadání zmetku:

1. Uživatel na terminálu zobrazí obrazovku pro zadání zmetků (ta se liší dle typu stroje).
2. Uživatel zmáčkne tlačítko příslušného typu zmetku pro daný výrobek (případně zadá počet zmetků daného typu vady).
3. Terminál zašle požadavek na server na pozadí (uživatel může dále pracovat).
4. Server převezme požadavek na zadání zmetku - dle času zadání zmetku na terminálu a nastavení stroje (délka operace a počet výrobků na pásu) vypočte čas vyrobení zmetku. Zmetek bude přiřazen směně dle času vyrobení.

Opravy – upravování zadaných dat

Oprávnění uživatelé budou moci upravovat zadaná data. Jedná se o:

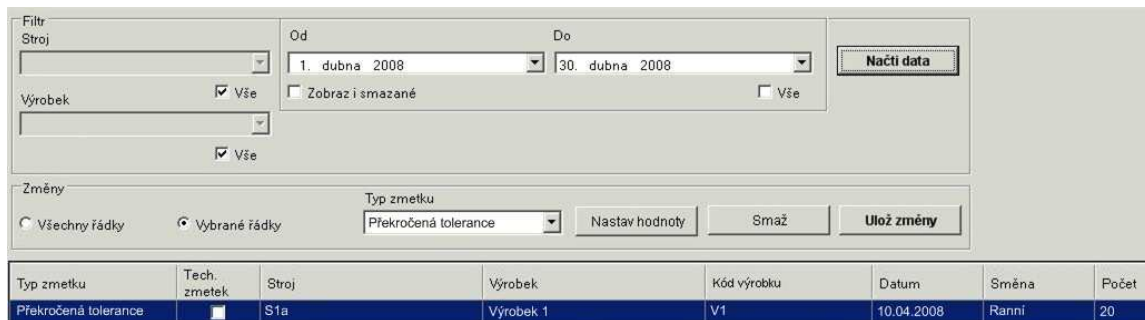
Důvody prostojů

Stroj	Směna	Začátek	Konec	Typ prostoje	Obsluha	Poznámka
S1a	Ranní	10.04.2008, 10:05:26	10.04.2008, 10:25:13	Porucha stroje	Novák Jan	

Obrázek 4.10: Oprava důvodů prostojů se bude provádět tak, že zvolíme stroj, časový úsek (kdy prostoj nastal). Můžeme zobrazit i smazané prostoje, protože veškerá data jsou uložena v systému.

Data načteme a zobrazí se nám prostoje na stroji v zadaném časovém období. Budeme mít možnost zvolit všechny řádky nebo jen některé vybrané, potom zvolíme typ prostoje a uložíme změny.

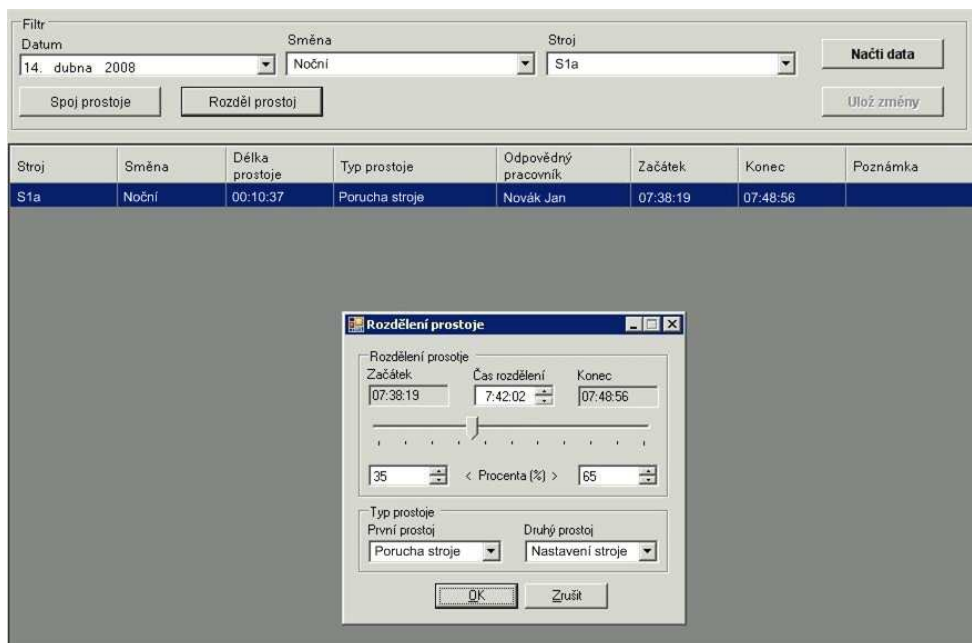
Důvody zmetků



Typ zmetku	Tech. zmetek	Stroj	Výrobek	Kód výrobku	Datum	Směna	Počet
Překročená tolerance	<input type="checkbox"/>	S1a	Výrobek 1	V1	10.04.2008	Ranní	20

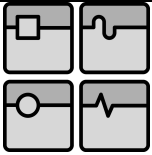
Obrázek 4.11: Oprava důvodů zmetků se bude provádět tak, že zvolíme stroj, výrobek, časový úsek (kdy zmetek nastal). Můžeme zobrazit i smazané zmetky, protože veškerá data jsou uložena v systému. Data načteme a zobrazí se nám zmetky na stroji v zadaném časovém období. Budeme mít možnost zvolit všechny řádky nebo jen některé vybrané, potom zvolíme typ zmetku a uložíme změny. Ve výčtové tabulce se bude zobrazovat i to, zda se jedná o technologický zmetek.

Editace prostojů



Stroj	Směna	Délka prostoje	Typ prostoje	Odpovědný pracovník	Začátek	Konec	Poznámka
S1a	Noční	00:10:37	Porucha stroje	Novák Jan	07:38:19	07:48:56	

Obrázek 4.12: Zde je ukázáno, jakým způsobem bude možné spojovat a rozdělovat prostoje. Zvolíme datum, směnu a stroj a načteme prostoje. Po načtení se zobrazí stroj, směna, délka prostoje, typ prostoje, odpovědný pracovník, začátek, konec a poznámky. Na obrázku je ukázán případ, kdy prostoj budeme rozdělovat. V tabulce rozdělení zvolíme čas rozdělení (po zvolení se automaticky upraví procentuální rozdělení pro oba prostoje) Prostoj lze rozdělovat i procentuálně a pak se automaticky upraví i čas rozdělení. Následně zvolíme typ prvního i druhého prostoje a uložíme změny.



Vizualizace

Vizualizace výroby bude provedena několika způsoby:

- Rozložení haly s vyobrazením všech strojů – tato vizualizace bude přístupná přes klientskou aplikaci. Každý stroj bude mít barvu podle svého stavu (pracuje, nepracuje) a bude mít vedle sebe tabulku se základními aktuálními údaji (zmetkovitost, počet vyrobených kusů, prostoje atd.)
- Signalizace v Monitorovacím modulu – při požadavku na zadání prostoje dojde ke změně aplikace běžící na panelu u stroje (blikání, další vizuální efekty) tak, aby operátor i v případě obsluhy několika strojů nebo větší vzdálenosti od panelu viděl změnu aplikace.
- Seznam strojů s jejich stavem – tato vizualizace bude zobrazena na velkých plazmových obrazovkách zavěšených u stropu v hale.
 - U každého stroje budou zobrazeny základní informace (počet vyrobených kusů, počet zmetků, plnění zakázky, předpokládané dokončení zakázky případně problémy na stroji).

Alarmy

System bude umožňovat nastavit alarmy pro sledování výrobních ukazatelů u jednotlivých strojů, jejich skupin a zakázek. Každý alarm bude dán podmínkou a akcí, která se má provést, pokud bude splněna.

Sledované ukazatele:

Pro stroje

- Zmetkovitost (procentuální i kusová) za směnu.
- Zmetkovitost (procentuální i kusová) za plovoucí interval.

Stav stroje (stojí nebo jede)

- Délka aktuálního prostoje.
- Celková délka prostojů za směnu.

Pro výrobek

- Zmetkovitost (procentuální i kusová) za směnu.
- Zmetkovitost (procentuální i kusová) za plovoucí interval.

Možné akce:

- Poslat email s předdefinovaným textem vybranému uživateli na jeho emailovou adresu.
- Poslat SMS s předdefinovaným textem vybranému uživateli na jeho mobilní email.
- Poslat zprávu vybranému přihlášenému uživateli na počítač.

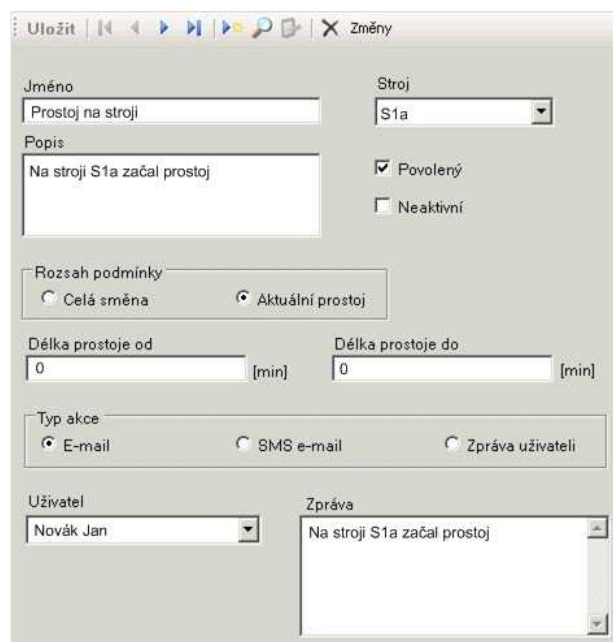
U některých podmínek bude možno nastavit několik úrovní (tj. pro různé úrovně ukazatele se vyberou různé akce).

Příklad alarmu:

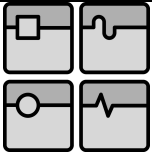
Ukazatel: procentuální zmetkovitost

Tabulka 4.2: Příklad nastavení alarmu.

Podmínka	Akce
5% < zmetkovitost < 10 %	Poslat email vedoucímu směny
10% < zmetkovitost < 15%	Poslat email výrobnímu řediteli a vedoucímu směny
15% < zmetkovitost	Poslat email a SMS výrobnímu řediteli a vedoucímu směny



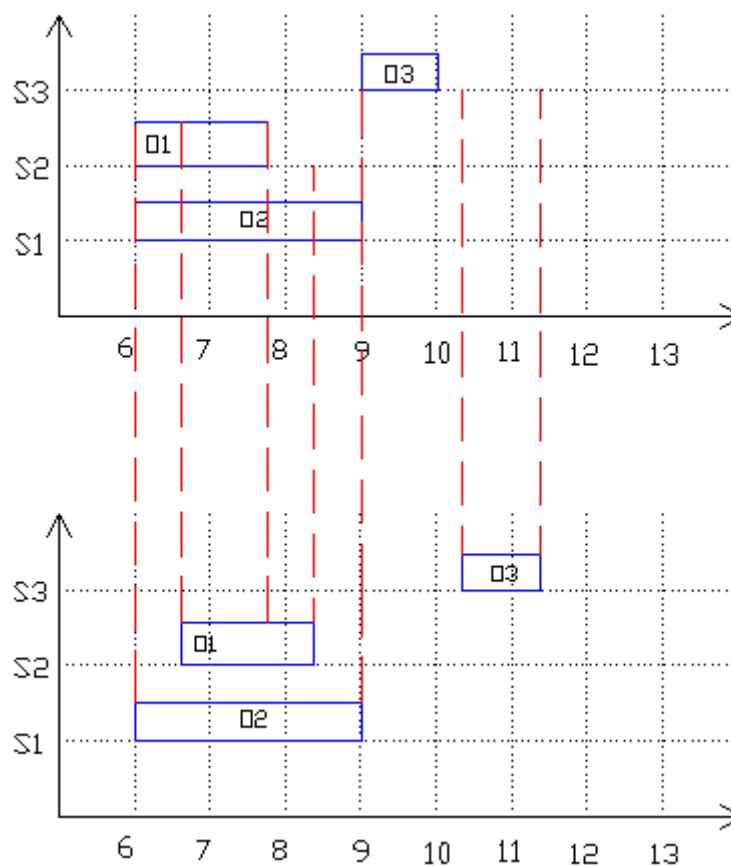
Obrázek 4.13: Zde je navržen způsob nastavení alarmů. V tomto případě se jedná o nastavení alarmu prostoje na stroji. Bude se zadávat jméno alarmu, stroj, popis alarmu, rozsah podmínky, délka prostoje od - do, typ akce (jak má alarm informovat), jméno uživatele (příjemce alarmu) a zpráva, která se bude zobrazovat.



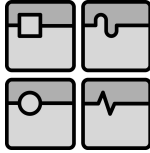
4.2.4. Automatické porovnávání pomocí Ganttových diagramů

Pro správný chod výroby je nutná její průběžná kontrola. V mém systémovém návrhu tuto kontrolu budu provádět porovnáváním vygenerovaného výrobního plánu genetickým algoritmem (Kapitola 5.3) zformovaného do Ganttova diagramu a aktuálních hodnot z výrobního systému, které se neustále doplňují do nového Ganttova diagramu. Porovnávají se časy začátků operací (výrobních dávek), jejich trvání a prostoje.

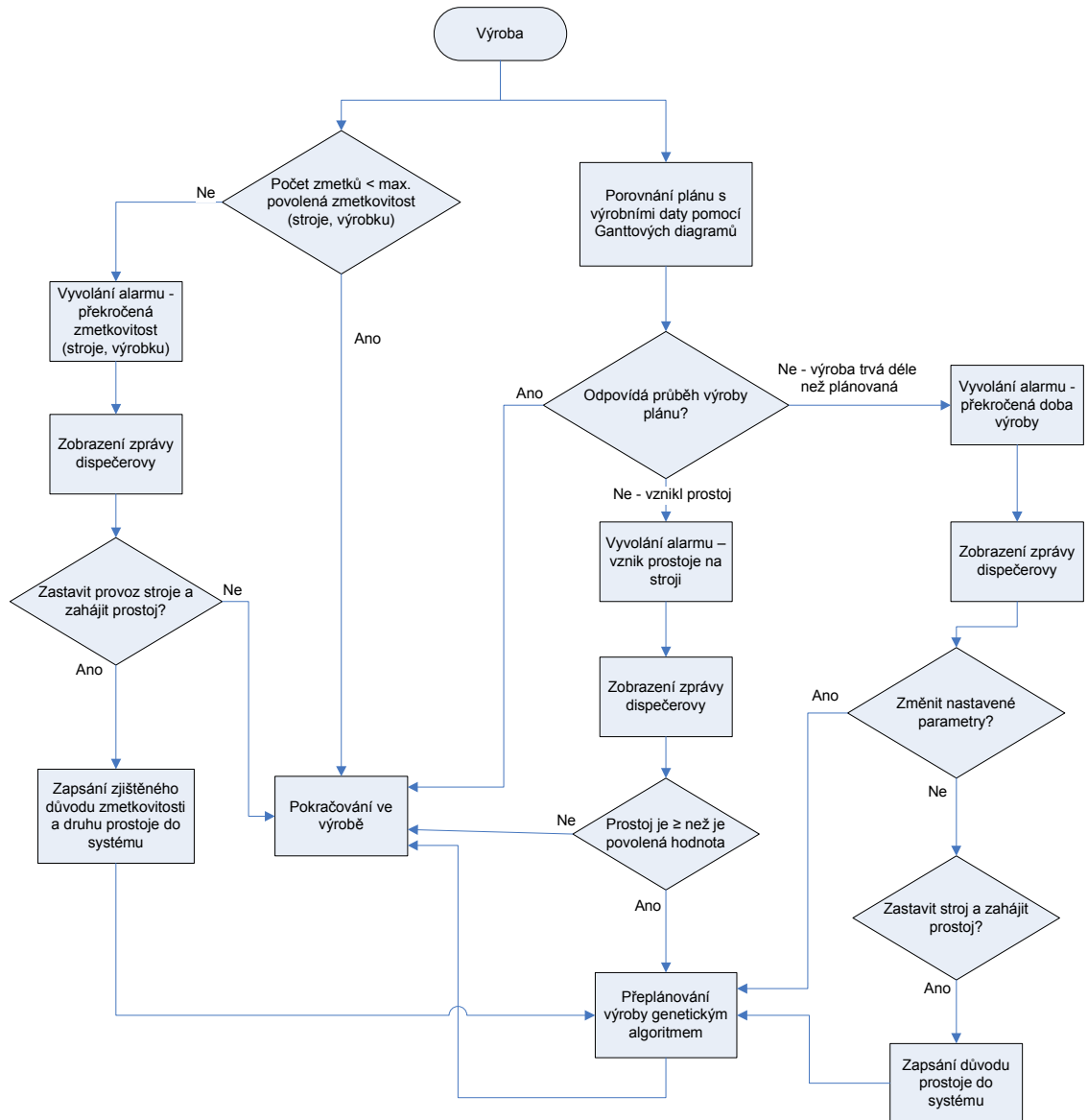
Náčrty funkčnosti porovnávání správného chodu výroby jsou na obrázku (Obrázek 4.14).



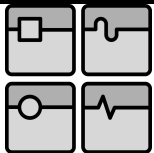
Obrázek 4.14: Ukázka automatické kontroly Ganttovými diagramy, kde se porovnávají začátky a konce operací plánu a skutečnosti.



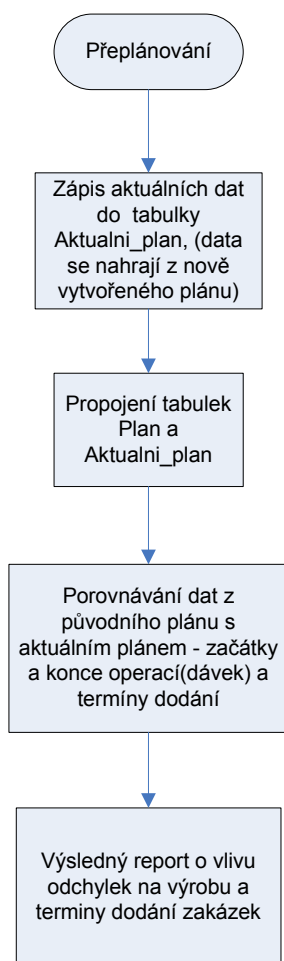
Vývojový diagram funkčnosti kontroly systému (Obrázek 4.15) zahrnuje podmínky podle nichž se rozhoduje o dalších krocích ve výrobě.



Obrázek 4.15: Vývojový diagram znázorňující rozhodování systému či dispečera o přepínání výroby.



Součástí porovnávání Ganttových diagramů plán versus skutečnost je i zjišťování dopadů zpoždění na výrobu a termíny dodání. Po přeplánování vznikne nový plán optimálně vygenerovaný pro daný stav ve výrobě. Nový výrobní plán se bude porovnávat s původním plánem a do databáze se budou zapisovat nová data a časy dodání zakázky a začátků a konců operací (výrobních dávek). Na základě těchto dat vznikne report o vlivu odchylek.



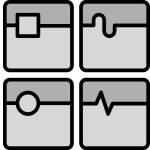
Obrázek 4.16: Vývojový diagram hodnocení vlivu odchylek.

4.3. Akceptační kritéria

Akceptační kritéria stanovují minimální funkcionalitu, kterou musí projekt obsahovat aby byl systém předán do užívání. Tyto kritéria jsou uvedeny v příloze B.

4.4. Výhody a přínosy systému

Aktuální informace o stavu výroby – zodpovědní pracovníci budou neprodleně informováni při vyskytnutí problému. Tím se sníží reakční čas na problém ve výrobě (zvýšení zmetkovitosti, zpoždění zakázky atd.) Pomocí víceúrovňových alarmů bude možno včas varovat na objevující se problém a tak mu předejít. Aktuální informace o stavu zakázek umožní lépe plánovat a zvýší schopnost přizpůsobit se změnám v poptávce.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 59
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Detailní informace o prostojích – analýza detailních statistik o prostojích a jejich průbězích pomůže najít skryté rezervy a optimalizovat seřízení strojů.

Detailní informace o zmetcích – analýza zmetkovitosti a její důvody mohou pomoci optimalizovat seřízení strojů a nalézt skryté problémy a snížit tím zmetkovitost.

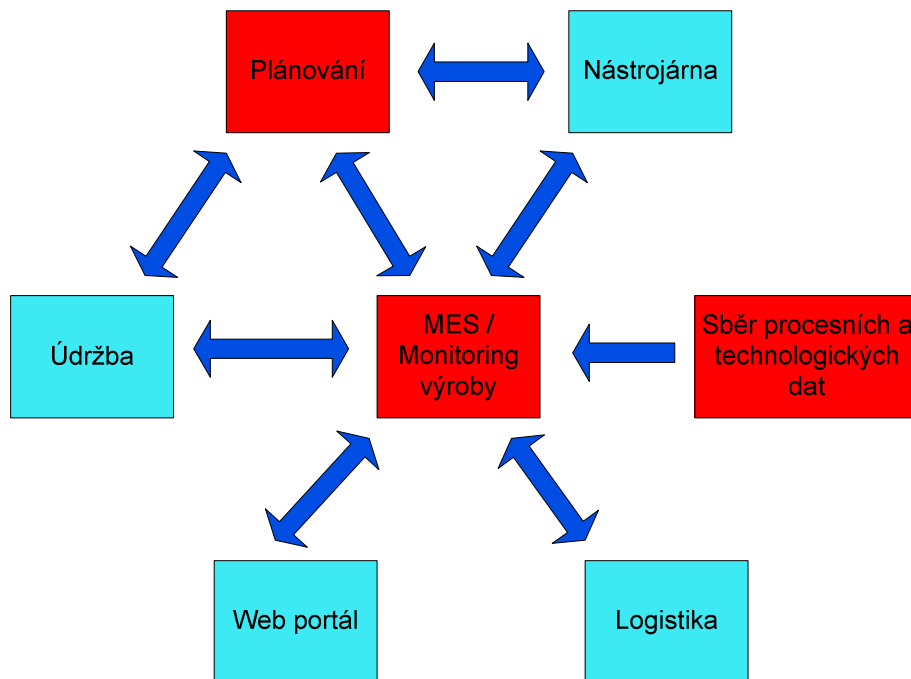
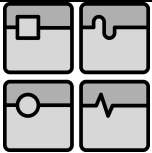
4.5. Další moduly

System bude možno rozšířit o další moduly podle přání a potřeb výroby:

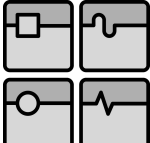
- Logistika – primárním zaměřením modulu výrobní logistiky je monitorování a řízení pohybu a umístění palet ve skladech a meziskladech v předvýrobě, tisky průvodek a řízení organizace práce v této oblasti.
- Nástrojárna – bude zahrnovat správu nástrojů, plánování výměn, historie nástrojů, preventivní údržbu nástrojů a další nezbytné aktivity nástrojárny.
- Údržba – synchronizace se systémem používaným v údržbě, tj. automatické zasílání požadavků na údržbu do stávajícího systém pro řízení údržby tak, aby se krátila reakční doba údržby a snížil se vliv lidského faktoru.
- Vzdálený přístup přes web stránky – webový portál pro vzdálený přístup do systému. Umožní zobrazovat statistiky a informace o strojích a měnit parametry strojů (normy, limitní hodnoty apod.).

Přínosy a integrace dalších modulů:

- Logistika – integrace logistického modulu poskytne informace o umístění materiálu a polotovarů v zásobnících u strojů a v meziskladech. To umožní rychlejší přesun materiálu a polotovarů ke strojům. Analýza statistik o pohybu materiálu po výrobě umožní snížit objem rozpracované výroby.
- Nástrojárna – zavedení modulu Nástrojárny poskytne více informací nutných pro plánování výroby (integrace výměny nástrojů do plánu) a nástrojáři budou mít aktuální informace o plánovaných změnách nástrojů, což sníží dobu prostojů při výměně nástrojů. Historie nástrojů pomůže vyčíslit náklady na provoz a údržbu jednotlivých nástrojů.
- Údržba – propojení se systémem údržby poskytne více informací pro plánování výroby (integrace plánované údržby do plánu) a údržbáři budou mít ve svém systému aktuální informace o poruchách strojů. Tím se sníží reakční čas údržby na poruchu stroje alepší se plánování údržby.
- Web portál – rozšíření systému o vzdálený přístup pomocí webovských stránek poskytne důležité informace o stavu výroby odkudkoliv. Dále umožní změnu základních parametrů strojů a tím reagovat na problém z jakéhokoliv místa. [10]



Obrázek 4.17: Zobrazení možného rozšíření systému. Červenou barvou jsou označeny stávající části systému, modrou možné přídavné části.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 61
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

5. Operativní plánování výroby pomocí evolučních algoritmů

5.1. Plánování výroby

V podnikové praxi se velmi často objevuje problém více kriteriálního rozhodování za omezené dostupnosti potřebných informací. Právě tento typ problémů je však základním zdrojem dalšího růstu produktivity práce. Příkladem může být problematika operativního řízení výroby.

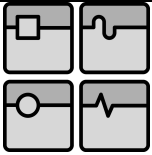
Efektivní využití podnikových zdrojů je silně závislé na souladu mezi logistikou a kapacitním plánováním výroby. Systémů ERP, které se snaží tuto problematiku řešit, je celá řada. Praxe ale ukazuje, že prokazatelně úspěšné jsou jen ve výrobě velkosériové a hromadné. Problém je v tom, že klasické systémy MRP II plánují výrobu za předpokladu neomezených výrobních kapacit a skutečné kapacity jsou zahrnuty až následně některým z modulů CRP (Capacity Requirements Planning) a o konečných úpravách plánu rozhoduje plánovač. Tento řetězec přípravy operativních plánů přestává být efektivní s klesající velikostí dávky, snižováním velikosti skladů a zaváděním štlhlé výroby. Jako naprosto nevhodný se ukazuje při zavádění systémů JIT a Kanban.

Řešení tohoto problému bylo hledáno v použití klasických matematických metod. Bylo sice dosaženo pozoruhodných výsledků, ale podstata problému vyřešena nebyla. Klasické matematické metody, jako jsou např. lineární programování, statistika nebo regresní a korelační analýza, jsou omezené různými požadavky (linearita, počet vzájemných vztahů, rozsah hodnot apod.). Navíc existují problémy, které nelze popsat tradičními způsoby. Existence zpětných vazeb, zpoždění, skokové závislosti, náhodné rozhodování, poruchy, změna požadavků - to vše jsou aspekty, které jsou stále častěji součástí praktických problémů, a které způsobují selhání nebo omezení klasických metod. Další nevýhodou je, že dochází k optimalizaci pouze u dílčích funkcí procesu a předpokládá se, že tím dochází k optimalizaci celku. Ze systémového hlediska je toto mylný předpoklad. V podmínkách omezených zdrojů není dílčí optimalizace podmínkou pro optimalizaci celku.

Klasické metody operativního plánování vyžadují velmi mnoho parametrů a přesné podmínky pro výpočet a zpravidla počítají s neomezenými kapacitami (MRP II). Užívané algoritmy pro sestavování operativního plánu provádějí velmi mnoho složitých operací a porovnávají obrovské množství dat, což vede k časově náročným výpočtům. Zjednodušení zadání a zrychlení sestavení plánu se tak stává pro větší organizace zásadní podmínkou použitelnosti těchto algoritmů. Klasické algoritmy jsou závislé na reálnosti matematického modelu systematicky prohledávající prostor dobrých i špatných řešení a tak nutně od jistého stupně složitosti problému překračují meze dané potřebou údajů v reálném čase za přijatelné náklady.

Je velmi důležité si uvědomit, že v praxi nás nezajímají všechna řešení lepší než zadané podmínky, ale alespoň jedno řešení, které zadaným podmínkám vyhovuje. Proto je pro nás důležitější schopnost vyhledat řešení s možností sledovat a řídit průběh tohoto hledání podle aktuálních podmínek, než získat řešení plně příčinných vztahů a podmínek existence z nepřesných nebo neaktuálních dat.

Proto stále vzniká mnoho nových metod a postupů, které se snaží tento problém uspokojivě řešit. Jednou z těchto metod je využití evolučních algoritmů.



Evoluční algoritmy lze využít v řízení výroby, řešení problémů v průmyslu, dopravě a logistice, finančnictví, matematice a mnoha dalších oborech. Evoluční algoritmus dokáže optimálně navrhnout výrobní linku a zahrnout přitom do řešení spoustu okolních parametrů, jakými jsou např. možnost provedení dané operace na více strojích, libovolné následnosti v technologickém postupu, výpadek některého z pracovišť nebo jednotlivé operace, zahrnutí časových prodlev a nákladů spojených s přechodem od jednoho pracoviště k druhému, definice maximální délky fronty každého pracoviště atd.

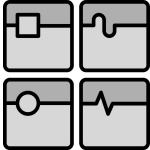
Základním principem evolučního algoritmu je postupné přizpůsobování řešení okrajovým podmínkám. Velmi výhodnou vlastností řešení založených na evolučních algoritmech je možnost v průběhu výpočtu sledovat, který z parametrů nebo která z podmínek se stává omezující, případně naopak kterého parametru není dosahováno a řešení začíná konvergovat mimo pásmo přípustnosti. Lze pak operativně a velmi jednoduše zasáhnout formou změny priorit, termínů nebo změnou podmínek a ve vyhledávání přípustného řešení pokračovat bez jakékoli ztráty informací z dosavadního průběhu výpočtu. U klasických metod je při jakékoli změně výchozích podmínek potřeba celý výpočet opakovat od začátku.

Aplikace evolučních metod nevyžaduje nejen radikální změnu struktury firmy, ale dokonce ani změnu technického vybavení. Čím je to umožněno:

1. Velmi složité exaktní výpočty u klasických metod vyžadující velké množství parametrů a požadavky na data, která prakticky není možné jednorázově dodat. Toto nahrazují evoluční algoritmy efektivním způsobem vyhledávání mnohanásobným opakováním jednoduchých operací - náhodný výběr (selekce), křížení a mutace v prostředí, které zajišťuje učení.
2. Datová náročnost je vzhledem k použité technologii značně nižší. Dochází k značné úspoře při pořizování dat.
3. Problematicky algoritmizovatelné řešení je nahrazeno výběrem nejlepšího řešení z velkého množství přijatelných řešení.
4. Při přerušení úlohy není nutno zahájit výpočet od začátku, jak je tomu u klasických metod, ale je možno pokračovat ve výpočtu.
5. Při změně počtu nebo rozsahu parametrů je nutno u klasických metod zpravidla měnit algoritmus výpočtu, což není v požadovaném reálném čase prakticky možné a omezení, která vyplývají z nutných zjednodušení prakticky vylučují jejich použitelnost. Evoluční algoritmy umožňují měnit parametry i během výpočtu. Změny mají vliv pouze na délku výpočtu a umožňují tak uživateli sestavit operativní plán, který je možno kdykoli přizpůsobit měnícím se podmínkám a tak pomáhá nalézat průchodná řešení za respektování mnoha podmínek, parametrů, priorit a termínů. Algoritmus nás též upozorňuje na parametry, které umožní plán zprůchodnit nebo vylepšit. [8]

5.2. Evoluční algoritmy

Rozvoj moderní informatiky je pozitivně poznamenán skutečností, že hledá inspiraci v živé přírodě, snaží se formalizovat a implementovat paradigma živé přírody pro návrh nových algoritmů, postupů a metod. V této kapitole se budeme zabývat principem převzatým z živé přírody – Darwinovou evoluční teorií. Tento princip vedl ke vzniku evolučních algoritmů, které patří v současnosti mezi aktuální problematiku informatiky a numerické matematiky. Překvapující na této nové netradiční oblasti informatiky je, že kromě toho, že se

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 63
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

již stala základní součástí moderní informatiky, stala se také mostem mezi exaktními přírodovědeckými vědami o živé přírodě a určitou částí humanitních věd.

Uvedeme několik poznámek k principu Darwinovy evoluční teorie:

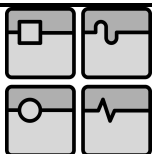
1. Přírozený výběr, tj. proces, ve kterém jedinci s velkým fitness vstupují do procesu reprodukce s větší pravděpodobností než jedinci s malým fitness. Pod pojmem fitness rozumíme kvantitativní míru schopnosti přežít a vstupovat do reprodukčního procesu.
2. Náhodný genetický drift, ve kterém náhodné události v životě jedinců ovlivňují populaci. Takovými událostmi jsou například náhodná mutace genetického materiálu a nebo náhodná smrt jedince s velkým fitness dříve, než měl možnost zúčastnit se reprodukčního procesu. Náhodné efekty genetického driftu jsou významné hlavně pro malé populace.
3. Reprodukční proces, v rámci kterého se z rodičů vytvářejí potomci. Genetická informace potomků se vyvíjí vzájemnou výměnou genetické informace rodičů. Nejčastěji tento proces probíhá tak, že z genetické informace dvou jedinců se náhodně vyberou části chromozómu – informace, ze kterých se potom sestaví genetická informace nového jedince – potomka. Tento proces se nazývá křížení a vzhledem k tomu, že se vyskytuje u všech složitějších organismů, můžeme soudit, že podstatně zvětšuje rychlost a účinnost evoluce.

Evoluční algoritmy založené na principu Darwinovy evoluční teorie představují nový netradiční přístup k hledání optimálního řešení složitých optimalizačních problémů, které nejsou řešitelné klasickými technikami. Základním pojmem těchto algoritmů je populace chromozómů, které jsou obvykle tvořené lineárními řetězci symbolů. V těchto chromozómech je zakódováno aktuální řešení optimalizačního problému, chromozómy představující kvalitní řešení jsou ohodnoceny vysokou hodnotou fitness funkce. Vstup do procesu reprodukce je úměrný hodnotě fitness – chromozómy s velkým fitness vstupují do reprodukce s větší pravděpodobností. Tato reprodukce obsahuje ještě také náhodný faktor (genetický drift) vyjádřený možností náhodné mutace (v řetězci je náhodně vybraný symbol zaměněný jiným náhodně vybraným symbolem). Tato skutečnost umožňuje evoluci hledat nová řešení, která se v populaci ještě vůbec nevyskytla a mohou být velmi nadějná pro další evoluci populace. Po určitém počtu populací se začnou v populaci vyskytovat jedinci – chromozómy, které reprezentují velmi kvalitní řešení daného optimalizačního problému.

Výše popsaná základní myšlenka evolučních algoritmů je založena na formalizaci Darwinovy evoluční teorie, která se převzala do informatiky z biologie. V současnosti již existuje celá řada evolučních algoritmů, které jsou založeny na různé interpretaci Darwinovy evoluční teorie. Vznikly také evoluční algoritmy, které svou inspiraci nehledaly v živé přírodě, ale v neživé – ve fyzice. Dobrým příkladem evolučních algoritmů založených na jiném paradigmatu než je Darwinova evoluční teorie je metoda simulovaného žhání, která vychází z principu evoluce termodynamických systémů.

Základní vlastnosti evolučních algoritmů můžeme shrnout takto:

1. Evoluční algoritmy patří mezi základní prostředky moderní numerické matematiky pro řešení optimalizačních problémů. Používají se, pokud hledáme globální minimum, které je obklopeno množstvím lokálních minim.
2. Evoluční algoritmy lze chápat jako abstrakci a formalizaci Darwinovy evoluční teorie. Pomocí evolučních algoritmů můžeme numericky simulovat Darwinovu



evoluci založenou na přirozeném výběru a náhodném genetickém driftu. Evoluční algoritmy poskytují universální algoritmus pro simulaci evoluce, ve kterém je zapotřebí modifikovat pouze způsob určení fitness chromozómu pomocí odpovídajícího řetězce symbolů (v biologii se tento problém nazývá zobrazení fenotypu na genotyp, kde lineární řetězec chromozómu kóduje organismus, kterého schopnost přežít a reprodukce je mírou fitness).

Evoluční metody optimalizace patří k stochastickým optimalizačním metodám, liší se však principy, které do jisté míry napodobují procesy probíhající v reálných fyzikálních systémech nebo v živé přírodě. Typickým zástupcem těchto algoritmů je genetický algoritmus, který napodobuje procesy probíhající v živé přírodě při evoluci organismů a algoritmus simulovaného žíhání napodobující žíhací procesy při ochlazování kovových materiálů. [8]

5.3. Genetický algoritmus

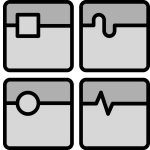
Genetický algoritmus (Genetic Algorithm – GA) patří mezi stochastické optimalizační algoritmy s výraznými evolučními rysy. V současnosti je nejčastěji používaným evolučním optimalizačním algoritmem s širokou paletou aplikací od optimalizace vysoko multimodálních funkcí přes kombinatorické a grafově teoretické problémy až po aplikace nazvané „umělý život“.

Metody numerické matematiky náhodně generují nové řešení problému tak, že buď využívají poznatky o tvaru optimalizované funkce v daném bodě (např. gradientní metody optimalizace), a nebo jsou schopné pomocí předcházejícího řešení nalézt s velkou efektivností správný směr minimalizace funkce (např. simplexová metoda). Na základě analogie s evolučními procesy probíhajícími v biologických systémech existuje alternativní možnost, jak usměrnit náhodné generování řešení k hodnotám blízkým optimálním. Právě tato analogie se stala základem genetického algoritmu.

Darwinova teorie evoluce se zakládá na teorii přirozeného výběru, podle které přežívají jen nejlépe přizpůsobení jedinci populace. Reprodukci dvou potomků s vysokou fitness dostáváme potomky, kteří budou s vysokou pravděpodobností dobře přizpůsobeni na úspěšné přežití. Při podrobné analýze se ukazuje, že samotné působení reprodukce není dostatečně efektivní na vznik dobře přizpůsobených jedinců s novými vlastnostmi, které významně ulehčují přežití. Do evoluce živé hmoty je nutné zapojit i tzv. mutace. Ty náhodným způsobem ovlivňují (kladně nebo záporně) genetický materiál populace jedinců.

Biologická evoluce je progresivní změna obsahu genetické informace (genotypu) populace v průběhu mnoha generací. Dříve než přistoupíme k její specifikaci, zavedeme pojem fitness, který má klíčovou úlohu v genetickém algoritmu. V biologii je fitness definována jako relativní schopnost přežití a reprodukce genotypu v daném prostředí. Podobně se chápe i v umělém životě. Je to kladné číslo přiřazené genetické informaci reprezentující organismus (obvykle vyjádřené pomocí bitového řetězce), které reprezentuje jeho relativní úspěšnost plnit si v daném prostředí svoje úkoly a vstupovat do reprodukce, tj. tvořit nové organismy.

Pojem povrch fitness (fitness surface/landscape) podstatně ulehčuje heuristickou interpretaci selekce v populaci během průběhu evoluce. Základní myšlenka povrchu fitness spočívá v grafické reprezentaci fitness vzhledem ke vzniku genotypu organismů v daném prostředí. Populaci potom můžeme znázornit jako množinu bodů na povrchu, kde každý bod odpovídá jednomu organismu z populace. V průběhu evoluce přirozený výběr způsobuje

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 65
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

pohyb populace na povrchu do oblastí s větší hodnotou fitness. Pokud je dominantní selekce, potom se tento pohyb uskutečňuje ve směru gradientu, ve kterém fitness nejrychleji roste. V opačném případě, když je v evoluci dominantní náhodnost (např. mutace), pohyb bodů na povrchu fitness má stochastický charakter.

Při vyšším stupni abstrakce se může pojem biologický jedinec nahradit pojmem chromozóm, který reprezentuje lineárně uspořádaným způsobem informační obsah jedince (genotyp). Potom hovoříme o populaci chromozómů, které se reprodukují s pravděpodobností úměrnou jejich fitness, přičemž integrální součástí této reprodukce jsou mutace. Mutace přináší do chromozómu novou informaci, která může zvýšit fitness chromozómů vznikajících reprodukcí původních chromozómů. Nové chromozómy vytěsňují z populace chromozómy s malou fitness. Tento základní reprodukční cyklus se v dané populaci chromozómů neustále opakuje. Po určitém čase se tedy v populaci s vysokou pravděpodobností objeví chromozómy s novými vlastnostmi, které podstatně zvyšují jejich fitness a vytěsňují původní chromozómy bez těchto vlastností. [6]

5.3.1. Princip genetického algoritmu

Přistupme k formalizaci základních pojmů evoluce tak, jak byly formulovány v předcházející kapitole. Jedince populace reprezentují chromozómy, což jsou lineární řetězce symbolů. Potom populace P je množina těchto chromozómů

$$P = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_p\} \subseteq \{a, b, \dots\}^k. \quad (5.1)$$

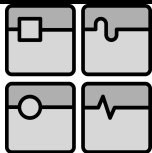
V procesu operativního plánování výroby populace chromozómů představuje množinu navržených výrobních plánů.

Populace P obsahuje p chromozómů, které jsou realizované jako řetězce délky k složené se znaků a, b, \dots . Obvykle se tyto znaky rovnají 0 a 1. Chromozómy jsou potom binární řetězce

$$P \subseteq \{0, 1\}^k. \quad (5.2)$$

Chromozóm ve smyslu operativního plánování výroby reprezentuje jeden zakódovaný plán výroby, jež vzniká během genetického algoritmu. [6]

Definujme si jednoduchý model výrobního systému. Ve výrobě je 5 různých typů strojů. Tyto skupiny strojů jsou označeny Typ 1 až Typ 5 a skládají se z několika strojů označených S1 až S5. (Tabulka 5.1)



Tabulka 5.1: Tabulka představuje rozložení výrobních strojů. V tomto modelu výrobního systému existuje pět různých typů strojů Typ 1 až 5 v uvedeném množství - Počet. Každý stroj může provádět jen jednu výrobní operaci, přičemž stroje stejného typu vykonávají operaci stejnou. Kapacita stroje udává počet zpracovávaných výrobků při provedení jedné operace. V procesu výroby je stroj S5a vždy poslední.

Typ stroje	Počet	Stroj	Kapacita stroje
Typ 1	3	S1a	2
		S1b	2
		S1c	2
Typ 2	2	S2a	1
		S2b	1
Typ 3	2	S3a	1
		S3b	1
Typ 4	3	S4a	2
		S4b	2
		S4c	2
Typ 5	1	S5a	10

Na těchto strojích budou vyráběny výrobky V1 až V5. Pro vyrobení každého výrobku je potřeba, aby byly provedeny operace O_x. Operace je vždy přiřazena konkrétnímu typu stroje a má definovanou délku trvání (Tabulka 5.2).

Tabulka 5.2: Ve výrobním systému bude vyráběno pět různých typů výrobků V1 až V5. Pro vyrobení jednoho výrobku je potřeba provést konkrétní sled operací O_x v uvedeném pořadí. O_x/O_y znamená, že v tomto případě nezáleží na pořadí provedení operace x a y. Každou operaci lze provádět jen na uvedeném typu stroje. Výrobní operace má pro každý výrobek definovanou Délku trvání v minutách.

Výrobek	Operace	Typ stroje	Délka trvání [min]
V1	O1	Typ 1	5
	O2	Typ 2	10
	O3	Typ 5	30
V2	O4	Typ 4	2
	O5	Typ 5	30
V3	O6	Typ 1	6
	O7 / O8	Typ 2 / Typ 3	10 / 5
	O9	Typ 5	45
V4	O10	Typ 1	15
	O11	Typ 3	4
V5	O12/O13 /O14	Typ 2 / Typ 3 / Typ 4	15 / 10 / 25
	O15	Typ 5	45

Cílem plánování je vytvořit kvalitní plán, který bude popisovat, jakým způsobem vyrobit následujících zakázku (Tabulka 5.3). Kvalita plánu je posuzována podle hodnoty fitness.

Tabulka 5.3: V čase plánování je potřeba naplánovat výrobu několika Zakázek Z_x . V každé zakázce se má vyrobit jeden typ výrobku V_x v požadovaném Množství kusů. U zakázky je uvedeno, datum jejího zadání do výroby Zadáno a termín splnění Vyrobit do. Zakázka má vždy uvedenu svou Prioritu splnění, viz Tabulka 4. Pro orientaci je v tabulce uveden také odhad Ideální délky výroby v minutách.

Zakázka	Výrobek	Množství	Zadáno	Vyrobit do	Priorita	Ideální délka výroby [den]
Z1	V1	1020	22.5.2008	3.6.2008	P1	4,25
Z2	V5	860	22.5.2008	4.6.2008	P3	4,48
Z3	V2	1560	24.5.2008	5.6.2008	P2	3,25
Z4	V4	2000	25.5.2008	6.6.2008	P3	3,47
Z5	V3	250	26.5.2008	4.6.2008	P5	0,87
Z6	V3	320	26.5.2008	4.6.2008	P1	1,11
Z7	V4	1050	27.5.2008	5.6.2008	P3	1,82
Z8	V1	800	27.5.2008	7.6.2008	P2	2,78
Z9	V2	2890	28.5.2008	15.6.2008	P1	6,02
Z10	V5	1480	28.5.2008	17.6.2008	P3	7,71

Ideální délka výroby jedné zakázky byla zjištěna podle vzorce:

$$\text{MAX} (\text{Množství } Z_x * (\text{Trvání } O_i \in V_x) * 60 * 24) + \Sigma(\text{Trvání } O_i \in V_x) * 60 * 24 \quad (5.3)$$

Požadované zakázky mají stanoveny svou prioritu. Priorita udává, s jakou důležitostí má být zakázka upřednostňována vzhledem k ostatním zakázkám. Upřednostněním se myslí zohlednit výrobní plán tak, aby bylo zajištěno včasné vyrobění zakázek s nejvyšší prioritou (Tabulka 5.4).

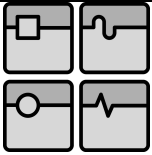
Tabulka 5.4: Každá výrobní zakázka má stanovenou jednu z Priorit P1 až P5.

Priorita	Popis
P1	Nízká
P2	Středně nízká
P3	Střední
P4	Středně vysoká
P5	Vysoká

Každý chromozóm (jeden zakódovaný plán výroby) $\alpha \in P$ je ohodnocený fitness, která se interpretuje jako zobrazení chromozómů na kladná reálná čísla

$$F: P \rightarrow R^+ \quad (5.4)$$

Ve výše definovaném modelu výrobního systému představuje fitness kvalitu navrženého výrobního plánu. Tato kvalita je posuzována z několika hledisek. Pro finální výrobní plán jsou důležité především tyto aspekty:



1. Splnění termínů zakázek – nejvyšší fitness získají plány, ve kterých dojde k vyrobení všech zakázek ve stanovených termínech. Výrobní plány, v nichž nebudou splněny termíny vyrobení získají hodnotu fitness nejnižší.
2. Zohlednění priorit zakázek – vyšší fitness získají ty výrobní plány, ve kterých budou nejprve vyrobeny, a tedy včas, zakázky s největší prioritou P5. Opačně pokud nebudou včas vyrobeny zakázky s nejvyšší prioritou hodnota fitness bude klesat.
3. Rovnoměrné vytížení strojů – vyšší fitness dostanou výrobní plány, v nichž je celá výroba rozvržena na jednotlivé zdroje, v tomto případě stroje S, rovnoměrně. Plány, ve kterých jsou některé stroje přetíženy a jiné, které by mohly být využity, jsou nevyužité, získají fitness menší.
4. Délka trvání zakázek – vyšší fitness získají plány, v nichž budou nejkratší doby mezi zahájením a dokončením jednotlivých zakázek. Méně vyhovující plány budou tedy ty, kde doba od zahájení jednotlivých zakázek po jejich kompletní dokončení bude nejdelší.

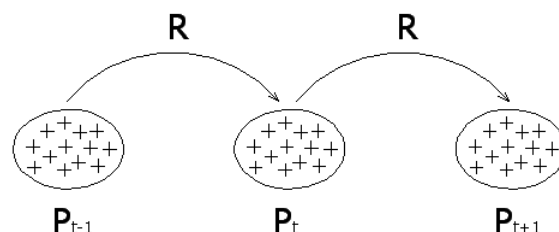
Proces reprodukce chromozómů začíná tím, že se z populace kvazináhodně vyberou dva chromozómy v závislosti na jejich fitness (chromozómy s větší fitness mají větší pravděpodobnost, že budou vybráni). Pod reprodukcí budeme rozumět takový proces, ve kterém se dva původní chromozómy α_1 a α_2 reprodukují (tvoří potomky) na dva nové chromozómy α_1' a α_2'

$$(\alpha_1', \alpha_2') = \text{Orepro}(\alpha_1, \alpha_2) . \quad (5.5)$$

Operátor reprodukce Orepro má dvě části, a to křížení a mutaci. Tento operátor má stochastický charakter, operace křížení a mutace se provádí pouze s určitou pravděpodobností. Přesný význam operací křížení a mutace bude vysvětlen v další části kapitoly.

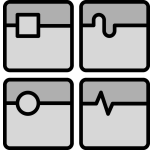
Obecně lze evoluci populace chápat jako změnu populace realizující se v čase po jednotlivých krocích (generacích). Necht' P_t je populace chromozómů v čase t , potom v následujícím čase $t+1$ je populace P_{t+1} určena rekurentně pomocí reprodukčního operátoru R

$$P_{t+1} = R(P_t) . \quad (5.6)$$



Obrázek 5.1: Evoluci lze charakterizovat jako postupnou rekurentní změnu populace, formálně $P_{t+1} = R(P_t)$. Operátor R popisuje rekurentní změnu populace z jedné generace na druhou. Obsahuje několik složek, kterými jsou výběr chromozómu – rodičů, křížení, mutaci a návrat chromozómů – potomků do populace.

Přístup založený na obecné rovnici 5.6 poskytuje velmi všeobecný pohled na evoluci, avšak za cenu toho, že operátor R není blíže specifikován. Operátor R obsahuje problém

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 69
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

výběru chromozómů z populace, reprodukci a návrat nových chromozómů do populace. Dostaneme jednoduchý evoluční algoritmus (Algoritmus 5.1), který simuluje evoluci chromozómů v populaci.

Evoluční algoritmus se zakládá na simultánní optimalizaci celé populace chromozómů. Možnost úniku z lokálního minima pomocí (zpočátku málo výhodné) mutace v evolučním algoritmu je spojená s potenciální nevýhodou, vygenerovaný chromozóm může mít menší fitness než původní chromozóm. Při větším množství chromozómů v populaci se nejdříve takový chromozóm neúčastní na reprodukčním procesu, ale později může nastat situace, že tyto chromozómy se ukážou vhodnými pro další evoluci (optimalizaci) systému.

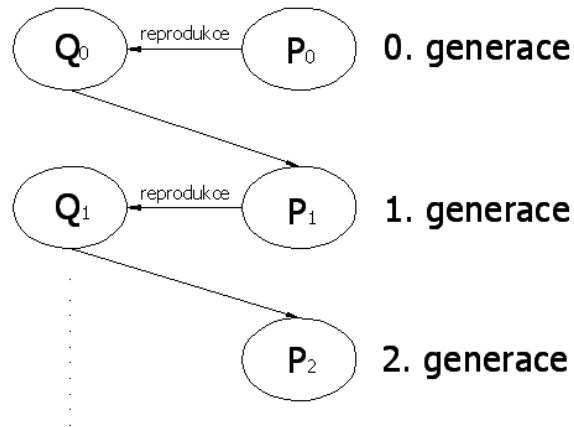
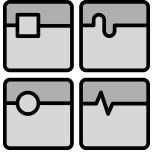
Do evolučního reprodukčního procesu vybíráme chromozómy kvazináhodně. Kdybychom do reprodukčního procesu vybírali jen ty chromozómy, které mají největší fitness, potom by jsme s určitou pravděpodobností podstatně ohraničili oblast, ve které hledáme optimální řešení.

```

procedure Evolution (input Tmax; output Pfin);
begin
  t := 0;
  P := {náhodně generovaná populace chromozómů};
  while (t < Tmax) do begin
    t := t + 1;
    Q := ∅;
    while (|Q| < |P|) do begin
      kvazináhodně vyber dva rodičovské chromozómy  $\alpha_1, \alpha_2 \in P$ 
      s vysokým fitness;
      if (random < Prepro) then ( $\alpha_1', \alpha_2'$ ) = Orepro( $\alpha_1, \alpha_2$ )
      else ( $\alpha_1', \alpha_2'$ ) = ( $\alpha_1, \alpha_2$ );
      Q := Q  $\cup$  { $\alpha_1', \alpha_2'$ };
    end;
    P := Q;
  end;
  Pfin := P;
end;

```

Algoritmus 5.1: Algoritmus evoluce v živé přírodě založený na Darwinově přirozeném výběru. Algoritmus se inicializuje náhodným generováním populace P. Vnější cyklus while se opakuje tmax generací (iterací). Ve vnitřním cyklu while se vytváří nová populace tak, že se kvazináhodně vyberou dva chromozómy z populace P (pravděpodobnost jejich výběru je úměrná jejich fitness) a aplikuje se na ně reprodukční operátor Orepro. Tento proces reprodukce se realizuje s pravděpodobností Prepro, v opačném případě se vybrané rodičovské chromozómy jednoduše okopírují do nových chromozómů – potomků. Takto vytvořené dva nové chromozómy se uloží do populace potomků Q. Vnitřní cyklus while se opakuje tak dlouho, až je kardinalita populace potomků Q rovna kardinalitě populace rodičů P. Populace P se potom nahradí populací potomků Q.



Obrázek 5.2: Vizualizace evolučního algoritmu Algoritmus 5.1. Z počáteční populace P0 se aplikací reprodukčního procesu generuje nová populace potomků Q0, která do další generace vstupuje jako obnovená populace P1. Tento proces se iteračně opakuje tmax-krát. [6]

5.3.2. Operátor reprodukce – mutace a křížení

Pro chromozómy z populace P je definován stochastický operátor reprodukce O_{repro} . Tento operátor má dvě části, kterými jsou operace mutace a operace křížení. Tyto operace se v průběhu evolučního vývoje neprovádí vždy, ale pouze s určitou pravděpodobností.

Operace mutace stochasticky transformuje binární vektor α na nový binární vektor α' , přičemž stochastičnost tohoto procesu je určena pravděpodobností P_{mut} .

$$\alpha' = O_{mut}(\alpha), \quad (5.7)$$

kde α a α' jsou dva binární vektory stejné délky n

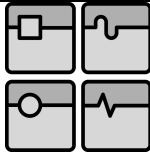
$$\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n) \text{ a } \alpha' = (\alpha'_1, \alpha'_2, \dots, \alpha'_n), \quad (5.8)$$

kde jednotlivé komponenty α' jsou určeny takto

$$\alpha'_i = \begin{cases} 1 - \alpha_i \dots \text{random} < P_{mut} \\ \alpha_i \dots \text{pro ostatní} \end{cases}, \quad (5.9)$$

kde random je náhodné číslo z intervalu $(0, 1)$ generované s rovnoměrnou distribucí (Algoritmus 5.2). Pravděpodobnost P_{mut} určuje stochastičnost operátoru mutace, v limitním případě když $P_{mut} \rightarrow 0$, potom operátor O_{mut} nemění binární vektor

$$\lim_{P_{mut} \rightarrow 0} O_{mut}(\alpha) = \alpha \quad (5.10)$$



mutace



Obrázek 5.3: Schématické znázornění operace mutace. Binární vektor α se stochasticky transformuje na nový binární vektor α' .

```

procedure Mutation_Bin (input:  $\alpha$ ; output  $\alpha'$ );
begin
  for i := 1 to n do
    if (random < Pmut) then  $\alpha_i' := 1 - \alpha_i$ 
    else  $\alpha_i' := \alpha_i$ ;
  end;
end;

```

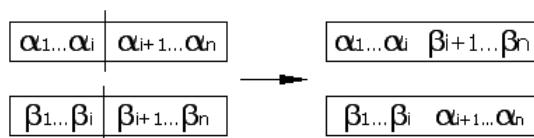
Algoritmus 5.2: Implementace mutace unárního řetězce délky n . Pravděpodobnost P_{mut} určuje 1-bitovou mutaci, tj. změnu bitu na jeho komplement. Proměnná $random$ je náhodné číslo s rovnoměrnou distribucí z intervalu $(0, 1)$.

Další částí operátoru reprodukce je operace křížení. Nechť máme dva chromozómy $\alpha, \beta \in \{0, 1\}^k$, operace křížení se bude formálně interpretovat jako operátor – zobrazení, který této dvojici chromozómů přiřadí dva nové chromozómy se stejnou délkou jako původní chromozómy

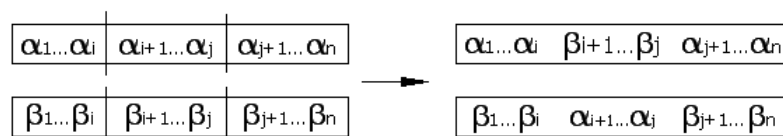
$$(\alpha', \beta') = O_{cross}(\alpha, \beta). \quad (5.11)$$

Existují různé způsoby realizace operátoru O_{cross} (Obrázek 5.4). Operátor křížení má také stochastický charakter podobně jako operátor mutace. Tato stochastičnost je založena na tom, že při aplikování operátoru křížení na dvojici chromozómů z populace se generuje náhodně tzv. bod (popř. body) křížení a potom je aplikace křížení zcela stochastická (Algoritmus 5.3).

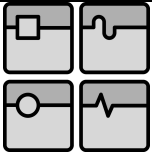
1-bodové křížení



2-bodové křížení



Obrázek 5.4: Schématické znázornění operace křížení nad dvěma chromozómy. Vertikální čáry znázorňují tzv. body křížení. Na obrázku jsou dvě verze křížení. V 1-bodové křížení se náhodně vygeneruje bod křížení a chromozómy si vymění své části za tímto bodem. Ve 2-bodovém křížení se náhodně vygenerují dva různé body křížení, chromozómy si vymění části mezi těmito body.



```
procedure Crossover (input:  $\alpha$ ,  $\beta$ ; output:  $\alpha'$ ,  $\beta'$ );  
begin  
  cross_point := 1 + random (k-1);  
  for i := 1 to cross_point do begin  
     $\alpha_i'$  :=  $\alpha_i$ ;  
     $\beta_i'$  :=  $\beta_i$ ;  
  end;  
  for i := cross_point + 1 to k do begin  
     $\alpha_i'$  :=  $\beta_i$ ;  
     $\beta_i'$  :=  $\alpha_i$ ;  
  end;  
end;
```

Algoritmus 5.3: Jednoduchá implementace křížení. Proměnná *cross_point* je náhodně generovaný bod křížení. Po tomto bodě se chromozómy α a β jednoduše okopírují do nových chromozómů α' resp. β' . Za tímto bodem až do konce chromozómu se do α' kopíruje zbytek β a do chromozómu β' se kopíruje zbytek α . Funkce *random (k-1)* generuje náhodná celá čísla z intervalu $[0, k-2]$.

Pomocí operátorů mutace a křížení lze nyní zkonstruovat operátor reprodukce *Orepro*. Necht' $\alpha, \beta \in P$ jsou dva chromozómy z populace P , pomocí operátoru reprodukce vytvoříme z těchto dvou rodičovských chromozómů dva nové chromozómy – potomky

$$(\alpha', \beta') = \text{Orepro}(\alpha, \beta). \quad (5.12)$$

V prvním kroku sestrojíme pomocí operace křížení dva nové chromozómy

$$(\hat{\alpha}, \hat{\beta}) = O_{\text{cross}}(\alpha, \beta). \quad (5.13)$$

V následujícím kroku se tyto dva nové chromozómy modifikují mutací na výsledné chromozómy – potomky





$$\alpha' = O_{\text{mut}}(\hat{\alpha}), \quad (5.14a)$$

$$\beta' = O_{\text{mut}}(\hat{\beta}). \quad (5.14b)$$

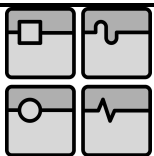
Implementace reprodukčního operátoru lze vyjádřit pomocí následujícího algoritmu.

```
procedure Reproduction (input:  $\alpha$ ,  $\beta$ ; output:  $\alpha'$ ,  $\beta'$ );  
begin  
  Crossover ( $\alpha, \beta, \hat{\alpha}, \hat{\beta}$ );  
  Mutation_Bin ( $\hat{\alpha}, \alpha'$ );  
  Mutation_Bin ( $\hat{\beta}, \beta'$ );  
end;
```

Algoritmus 5.4: V prvním kroku se provede křížení (Algoritmus 5.3), výstupní parametry křížení $\hat{\alpha}$ a $\hat{\beta}$ se modifikují pomocí mutace (Algoritmus 5.2).

		Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 73
		DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Používání křížení odlišuje genetický algoritmus od ostatních stochastických evolučních algoritmů, které v rámci populace chromozómů také používají reprodukci založenou na jejich fitness a aplikují mutace na jednotlivé chromozómy. [6]



6. Expertní systémy v MES

Expertní systémy jsou počítačové programy, které simulují rozhodovací činnost specialistů (expertů) při řešení složitých úloh. Při tomto rozhodování využívají vhodně zakódovaných speciálních znalostí (báze znalostí) s cílem dosáhnout ve zvolené problémové oblasti stejné kvality rozhodování jako příslušný expert. Jejich úkolem je podporovat řešení složitých problémů, které, i když pro ně neznáme algoritmické postupy řešení, jsou řešitelné pomocí metod využívajících znalostí. Kvalita takového systému s umělou inteligencí závisí daleko více na kvalitě znalostí než na kvalitě mechanismu pro jejich využívání.

Cílem výrobních expertních systémů je poskytnout širší škálu informací, které umožní:

- vytvořit dlouhodobý plán prací a nasazení techniky (roční, sezónní),
- vytvořit krátkodobý plán prací a nasazení techniky zohledňující aktuální podmínky, ve kterých práce probíhají,
- optimalizovat pracovní a dopravní prostředky pro konkrétní podmínky nasazení podle předem zvolených kritérií,
- stanovit požadavky a termín na provedení prací službami, popř. určit volnou pracovní kapacitu vlastních technických prostředků,
- stanovit výši jednotkových nákladů, produktivitu práce, měrnou spotřebu energie, spotřebu základního a pomocného materiálu na realizaci pracovních, dopravních a manipulačních operací zvolenou technikou,
- sestavit nejvýhodnější pracovní postup podle daných požadavků a vyhodnotit jej podle zvoleného ekonomického, exploatačního nebo energetického kritéria,
- sestavit plán přímých nákladů vynakládaných v průběhu výrobního procesu, plán potřeby pracovníků, spotřeby energie, základního a pomocného materiálu,
- zvolit optimální strukturu technického vybavení podniku. [5]

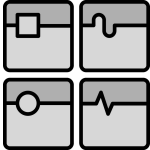
6.1. Typy expertních systémů

Expertní systémy můžeme klasifikovat podle různých hledisek. Podle obsahu báze znalostí můžeme expertní systémy rozdělit na:

- problémově orientované - jejich báze znalostí obsahuje znalosti z určité domény,
- prázdné - jejich báze znalostí je prázdná.

Podle charakteru řešených problémů můžeme expertní systémy rozdělit na:

- diagnostické - jejich úkolem je určit, která z hypotéz z předem definované konečné množiny cílových hypotéz nejlépe koresponduje s daty týkajícími se daného konkrétního případu,
- plánovací - ty obvykle řeší takové úlohy, kdy je znám cíl řešení a počáteční stav a je třeba s využitím dat o konkrétním řešeném případě nalézt posloupnost kroků, kterými lze cíle dosáhnout,
- hybridní – kombinují diagnostiku a plánování. [3]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 75
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

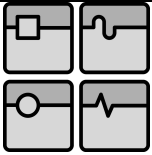
6.2. Charakteristické rysy expertních systémů

Přes veškerou různorodost architektur a aplikací expertních systémů lze nalézt některé společné rysy expertních systémů:

- V konvenčních programech jsou znalosti specialistů zakódovány v instrukcích programů a používají se podle předem stanoveného pořadí. U expertních systémů jsou znalosti expertů vyjádřeny explicitně v podobě tzv. báze znalostí a předem je dána pouze strategie jejich využívání tzv. řídicí mechanismus. Typické je právě toto striktní oddělení obou komponent a proto lze jednou vyvinutý a odladěný řídicí mechanismus opakovaně použít. Expertní systémy bez báze znalostí jsou potom obecně použitelné jako tzv. prázdné expertní systémy. Po doplnění báze znalostí se z nich stávají problémově orientované expertní systémy.
- Báze znalostí obsahuje celou škálu znalostí experta (od exaktních po heuristické), potřebných k řešení daného problému. I když nalezení řešení obecně negarantují, velmi často ho pomáhají nalézt. Přírozeným požadavkem, kladeným na bázi znalostí, je požadavek její vysoké modularity, aby bylo možno jednoduše zahrnovat přírůstky nových znalostí.
- Báze znalostí popisuje znalosti z dané problémové oblasti. Má charakter obecného rozhodovacího pravidla nebo systému rozhodovacích pravidel. Řešit konkrétní úlohu znamená „dosadit“ data o daném problému do obecně formulovaných znalostí z báze znalostí. Data k danému problému poskytuje uživatel sekvenčně, v dialogovém režimu s počítačem. Expertní systém se uživatele dotazuje na údaje, týkající se daného problému a na základě odpovědí a svých obecných znalostí si postupně upřesňuje „představu“ o problému a dochází k závěru resp. k řešení.
- U výrobních expertních systémů je dialog s uživatelem převážně nahrazen přímým měřením údajů na reálných objektech (např. PLC), či vyhledáváním údajů v databázích. Množinu všech údajů k danému případu, které jsou uloženy v samostatné komponentě, nazýváme báze dat.
- Zpracování dat a znalostí v expertních systémech má tyto rysy: schopnost využívat nejistých znalostí a schopnost zpracovávat nejistoty v měření či odpovědích uživatele.
- Expertní systém musí být schopen poskytnout radu i v situacích, kdy část požadovaných dat není dostupná. Je žádoucí, aby v bázi znalostí byly zahrnuty alternativní či násobné cesty vyvozování závěrů. Závěr expertního systému by neměl být závislý pouze na jednom jediném faktu, ale měl by být podporován nebo vyvrácen více fakty či úvahami.
- Expertní systém musí být schopen vysvětlit a zdůvodnit dílčí závěry, položit doplňující dotaz nebo podat informace o znalostech či faktech souvisejících s danou problematikou.

Výhody expertních systémů:

- schopnost řešit složité problémy,
- dostupnost expertíz a snížené náklady na jejich provedení,
- trvalost a opakovatelnost expertíz,
- trénovací nástroj pro začátečníky,



- uchování znalostí odborníků odcházejících z organizace.

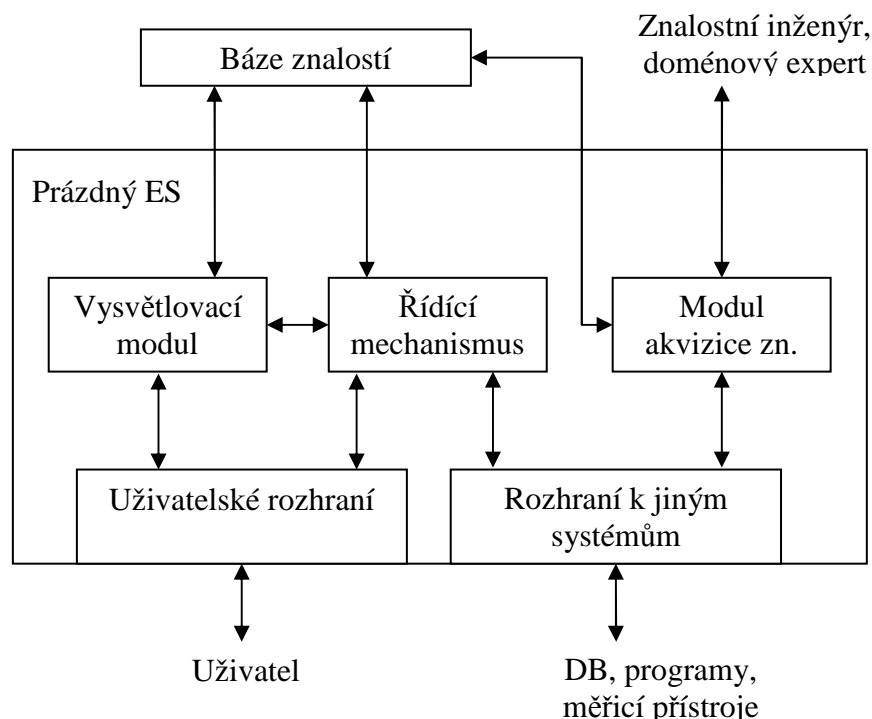
Nevýhody expertních systémů:

- nebezpečí selhání v nestálých podmínkách,
- neschopnost poznat meze své použitelnosti. [5]

6.3. Základní architektury expertních systémů

Expertní systém obsahuje tyto základní složky (Obrázek 6.1):

- báze znalostí,
- řídicí (někdy také vyvozovací či inferenční) mechanismus,
- I/O rozhraní (uživatelské, vývojové, vazby na jiné systémy),
- vysvětlovací modul,
- modul pro akvizici (získávání) znalostí.



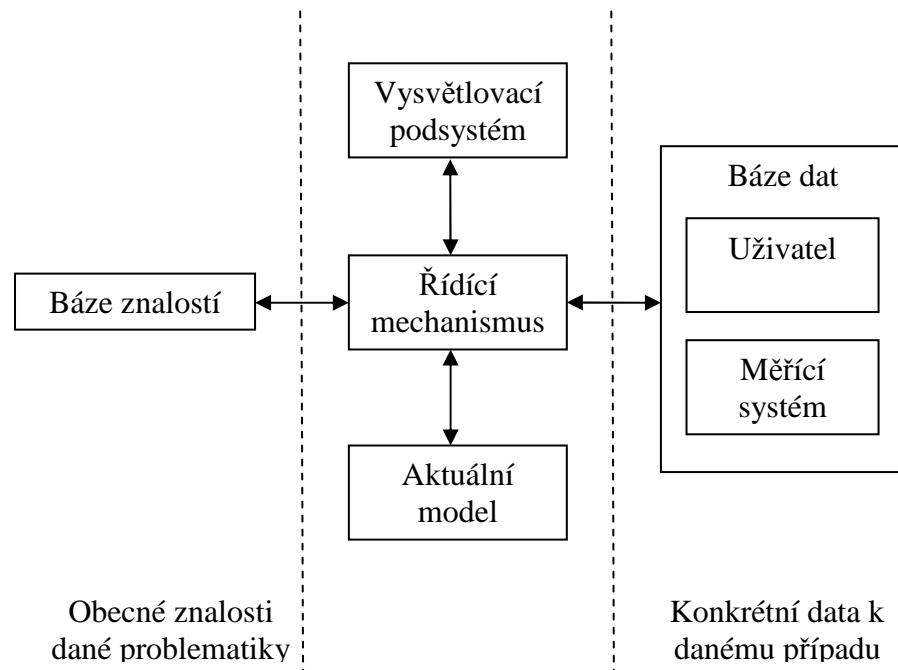
Obrázek 6.1: Architektura expertního systému. [5]

Efektivita expertního systému je rozhodujícím způsobem ovlivňována kvalitou báze znalostí. Tvorba báze znalostí je obvykle dlouhodobým procesem získávání znalostí od experta a jejich kódování do tvaru akceptovatelného příslušným řídicím mechanismem. [5]

6.3.1. Diagnostické expertní systémy

Úlohou diagnostických expertních systémů je provádět efektivní interpretaci dat s cílem určit, která z hypotéz z předem stanovené konečné množiny cílových hypotéz o chování zkoumaného systému nejlépe koresponduje s reálnými daty konkrétního případu. Řešení

problému probíhá formou postupného ohodnocování a přehodnocování dílčích hypotéz v rámci pevně daného modelu řešeného problému, který je sestaven expertem.



Obrázek 6.2: Blokové schéma diagnostického expertního systému. [3]

Jádrem systému (Obrázek 6.2) je řídicí mechanismus, který pomocí báze znalostí a báze dat upřesňuje po každé odpovědi (zpracování měřeného údaje či vyhledání údaje v databázi) aktuální model řešeného problému. Řídicí mechanismus odpovídá za výběr dotazu, po jehož zodpovězení dokáže zpřesnit aktuální model a také za úpravu aktuálního modelu po obdržení odpovědi. [3]

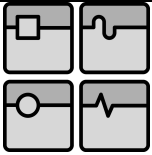
6.3.2. Plánovací expertní systémy

Plánovací expertní systémy jsou určeny pro řešení takových úloh, kdy je znám stav počátečního objektu a cíl řešení a systém má s využitím dat a zadání nalézt optimální posloupnost povolených kroků (operátorů), kterými lze cíle dosáhnout.

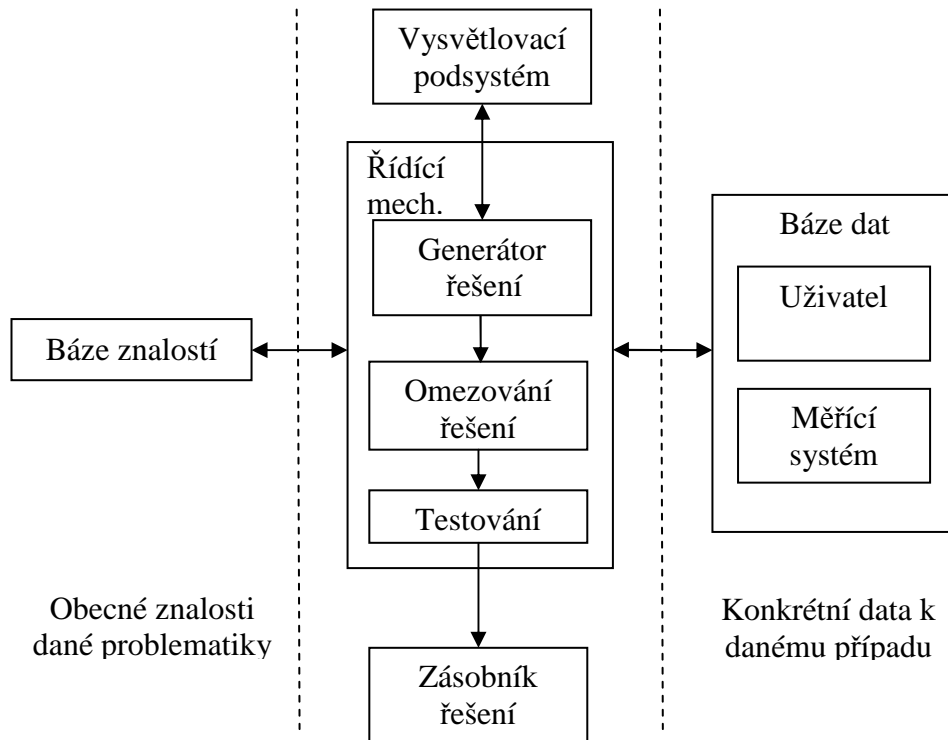
Základní částí plánovacího expertního systému (obrázek 6.3) je generátor možných řešení, který automaticky vytváří kombinace posloupností operátorů (varianty řešení). Dále je testována shoda řešení s daty z báze dat. Výsledkem je seznam přípustných řešení, z nichž každé je ohodnoceno stupněm kvality. S rostoucím počtem operátorů velmi rychle narůstá počet možných kombinací (kombinatorická exploze). Data o konkrétním případě resp. znalosti experta tento nárůst generovaných řešení výrazně omezují. Výsledkem činnosti plánovacího expertního systému je množina ohodnocených přípustných řešení.

Činnosti řídicího mechanismu s využitím báze znalostí a báze dat:

- ovlivňuje výběr přípustných operátorů,
- omezuje generativní schopnosti generátoru použitím informací z báze znalostí např. apriorním zamítnutím některých dílčích posloupností kroků,



- řídí testování shody vygenerovaných řešení s informacemi z báze dat a tím utváření zásobníku potenciálních řešení, včetně ohodnocení jejich vhodnosti. [3]



Obrázek 6.3: Blokové schéma plánovacího expertního systému. [3]

6.4. Příklad aplikace plánovacího expertního systému

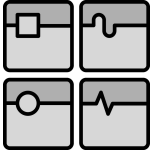
V této kapitole bude ukázána aplikace teorie expertních systémů na vytvořený model výrobního systému, který jsem již jednou implementovala v příkladu evolučního algoritmu. Model bude zasazen do algoritmu, který byl již v praxi využit v systému TEPRO. Jedná se o plánovací systém pro podporu technologické přípravy výroby v pružném výrobním úseku kusové výroby. [3]

Pro navrhování technologických postupů budu pracovat s množinami entit, jimiž je definován prostor řešení:

Množina pracovišť (výrobních buněk, strojů):

$$\begin{aligned} S &= \{S_i\} \\ S1 &= \{S1a, S1b, S1c\} \\ S2 &= \{S2a, S2b\} \\ S3 &= \{S3a, S3b\} \\ S4 &= \{S4a, S4b, S4c\} \\ S5 &= \{S5a\} \end{aligned}$$

(6.1)

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 79
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Množina technologických operací, které mohou být provedeny v daném výrobním úseku:

$$O = \{o_1, o_2, o_3, o_4, o_5, o_6, o_7, o_8, o_9, o_{10}, o_{11}, o_{12}, o_{13}, o_{14}, o_{15}\} \quad (6.2)$$

Množina skutečných fyzických stavů výrobku v průběhu pracovního procesu:

Na výrobku V1 se provádí tři operace o_1, o_2, o_3 na třech typech strojů S1, S2 a S5. Fyzické stavy výrobku V1 budou tedy čtyři. Takto budou postupovat u každého výrobku.

$$\begin{aligned} V &= \{V_i\} \\ V_1 &= \{V_{10}, V_{11}, V_{12}, V_{13}\} \\ V_2 &= \{V_{20}, V_{21}, V_{22}\} \\ V_3 &= \{V_{30}, V_{31}, V_{32}, V_{33}, V_{34}\} \\ V_4 &= \{V_{40}, V_{41}, V_{42}\} \\ V_5 &= \{V_{50}, V_{51}, V_{52}, V_{53}, V_{54}\} \end{aligned} \quad (6.3)$$

Množina surovin nebo polotovarů na vstupu výrobního úseku:

$$M = \{m_j\} = \{m_1, m_2, m_3, m_4, m_5\} \quad (6.4)$$

Množina technologických a transportních omezení:

$$C = \{c_j\} \quad (6.5)$$

Operace lze chápat jako zobrazení množiny V skutečných stavů výrobku do sebe, která jsou parametrizována použitým pracovištěm S a volbou jeho konkrétního nastavení. Pro zjednodušení zápisu budu využívat obecných indexů.

Prvním ze dvou stavových prostorů je prostor

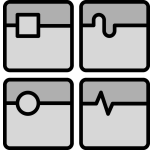
$$F_1 = \langle V_1, O \rangle, \text{ kde } V_1 = \{\langle V_{1j}, \text{con}_j \rangle\}. \quad (6.6)$$

Symbol con (connection) označuje momentální umístění výrobku v některém z operačních skladů. F_1 je vlastně popisem přetváření vstupního materiálu či polotovaru a představuje tak model hmotné výroby.

Cílem prohledávání je nalezení vhodného plánu, optimální posloupnosti operací:

$$P = o_1, o_2, \dots, o_n; o_i \in O, \quad (6.7)$$

kteřá by zajistila zhotovení daného výrobku. Počáteční stav V_{10} popisuje tvarové příznaky a další parametry vstupního materiálu či polotovaru, koncový stav V_{13} popisuje finální výrobek. Stavy v tomto prostoru modelují rozpracovanost uvažovaného výrobku (polotovaru), přechody mezi stavy pak reprezentují operace transformující materiál jak tvarově, tak i co do fyzikálních vlastností. Omezení vztahující se na tento prostor jsou omezeními technologickými. Každá technologická operace je chápána jako transformace výrobku z jednoho fyzického stavu do nového stavu, přičemž změna stavu je způsobena výrobní operací o_i na pracovišti S_i a je spojena přesunem výrobku z jednoho mezioperačního skladu do druhého.



$$o_i : (S_i, par_i) \langle V_{i-1}, con_{i-1} \rangle \rightarrow \langle V_i, con_i \rangle \quad (6.8)$$

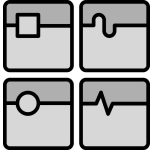
Popis operace je doplněn parametry par , které budou nezbytné v následujících krocích plánování.

Stavový prostor $F1$ má spíše metodologický než implementační význam, neboť použitý popis stavů je svým způsobem neúplný, protože úplný popis by byl neúměrně složitý. To byl jeden z důvodů zavedení druhého stavového prostoru $F2$, jenž charakterizuje detailněji vlastní výrobní prostředí, ve kterém je nutné uvažovat i mezioperační přepravní systém s vyrovnávacími sklady. Přechody mezi stavy v tomto prostoru (mezioperační přeprava) jsou označovány jako akce t (transition).

$$\begin{aligned} F2 &= \langle G, T \rangle, \text{ kde } V2 = \{ S_j, o_j \} \\ T &= \{ t_j \}, t_j (con_j): \langle S_j, o_j \rangle \rightarrow \langle S_{j+1}, o_{j+1} \rangle \end{aligned} \quad (6.9)$$

Stavy v tomto prostoru představují výrobní zařízení (stroje či pracoviště) a na nich proveditelné operace. Omezení v tomto prostoru popisují topologickou skladbu výrobních prostředků. Prostor $F2$ nazýváme prostorem transportním.

Oba prostory $F1$ a $F2$ jsou dosti pevně svázány a hrají v jistém smyslu duální roli, protože operace o_i jsou chápány jako přechody v $F1$, ale současně jsou i součástí popisu tvaru stavu v $F2$. Na druhé straně, přechod t_i v $F2$ odpovídá transportnímu kroku vedoucímu přes mezisklad con_i , jenž je zase součástí stavu v $F2$. Tedy jinými slovy, každá fyzická operace v prostoru $F1$ je prováděna na zařízení reprezentovaném v $F2$. Omezení se pak „přelévají“ mezi těmito prostory a vzájemně se kombinují. Význam zavedení či vzájemného oddělení dvou svázaných prostorů spočívá především v tom, že omezení lze explicitněji formulovat a snáze zakódovat. [3]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 81
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

7. Distribuovaná UI a multiagentní systémy v oblasti průmyslové výroby

Soudobé trendy v oblasti průmyslové výroby jsou ovlivňovány především snahou o dosahování konkurenceschopnosti na světovém trhu. Z tohoto úsilí se odvíjejí jednoznačné požadavky, zaměřené na:

- flexibilitu výroby – kdy se požaduje schopnost výrobních úseků reagovat na požadavky spojené s variabilitou konfigurace produktu,
- kontinuální zvyšování produktivity – přičemž se požaduje možnost postupného nárůstu výroby bez větších přírůstků pracovních sil,
- zvyšování kvality – jež se čím dál tím více stává rozhodujícím faktorem při uplatňování produkce na trhu,
- snižování celkových nákladů.

Při řízení a plánování výroby v současnosti převládají centralizované informační systémy, postavené okolo databázového serveru a doplněné pevně strukturovanými systémy řízení výroby. Toto uspořádání má své nevýhody – vedle rizika komplexního výpadku způsobeného centralizovanou architekturou je to i malá pružnost reakce na změny výrobního postupu, změny v konfiguraci výrobních linek a dlouhodobé výpadky strojů. Takovéto změny často vyžadují rozsáhlé rekonfigurace databázového systému a přeprogramování systému řízení výroby. Čím rychleji se výroba přizpůsobuje vnějšímu prostředí, tím častěji k takovýmto změnám dochází a tím jsou tyto změny ekonomicky náročnější.

Průmyslová výroba se proto orientuje na nové přístupy, nové způsoby a technologie řízení a organizace výroby. Veškeré procesy spojené s materiální výrobou začínají dosahovat takové složitosti, že klasický centralizovaný přístup k jejich řešení nemá v mnoha případech naději na úspěch.

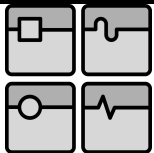
Prosazují se přístupy opírající se o existenci autonomních subsystémů (modulů) schopných reagovat lokálně při řešení běžných situací a komunikovat s jinými specializovanými moduly jen v případě potřeby, například při závadě. Takovéto systémy autonomních modulů jsou potom schopny zvládat i nepředvídané situace, optimálně rekonfigurovat výrobní zařízení, zvyšovat jejich odolnost proti poruše, či flexibilně modifikovat výrobní postupy.

Distribuované autonomní systémy jsou prezentovány a aplikovány v těchto oblastech:

1. Holonické systémy – zabývají se strategií řízení procesů v reálném čase, která se odvíjí od tzv. výskytu událostí (event-driven strategy),
2. Multiagentní systémy – systémy spadající do oblasti umělé inteligence. [4]

7.1. Holonické systémy

Holonický systém je složen z autonomních, samostatně operujících regulátorů, tzv. holonů, pracujících v reálném čase a fyzicky spojených s jinými regulovanými systémy. Celý výrobní proces (např. výrobní linka) je řízen prostřednictvím takovýchto malých distribuovaných jednotek, v ideálním případě bez centrální řídicí jednotky. Každý z holonů



má k dispozici jenom určitou část globální informace o struktuře, schopnostech a cílech výrobního systému jako celku. To postačuje k samostatnému fungování, a taky k účinné spolupráci prostřednictvím výměny zpráv. Holony zvládají potřebné regulační procesy lokálně a samostatně, pouze v kritických situacích (např. při nadměrném zatížení výrobního zařízení) informují ostatní holony prostřednictvím vysílání zpráv o situaci. To inicializuje činnost holonů vedoucí ke změně nastalé situace (k prevenci dílčí poruchy, nebo například k rekonfiguraci výrobního systému).

Holonický přístup je mnohem flexibilnější než klasický přístup a v širším měřítku použitelnější nástroj pro řízení, návrh a pro správu výrobních systémů i celých podniků. Jsou robustní, odolné vůči poruchám, snadno rekonfigurovatelné apod. Hlavním nedostatkem je, že neexistují standardizační aktivity zaměřené na vyšší úroveň řízení nad vrstvou řízení v reálném čase. [9]

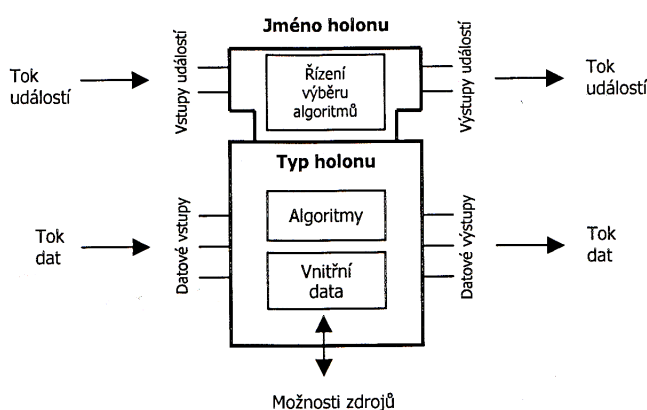
7.1.1. Holony

Holon je možné chápat jako celek, tedy systém skládající se z několika podsystémů, a současně taky jako část nějakého většího celku. Velmi důležitou vlastností holonů je jejich rekurzivnost. Holon může obsahovat další holony o stejné či jiné architektuře, které pak obsahují další holony atd. Holony jsou chápány jako stavební bloky autonomní, kooperativní, otevřené a inteligentní.

Holony v holonickém výrobním systému slouží pro:

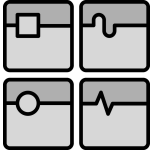
- přenos, transformaci, uchovávání a ověřování informace,
- modifikaci, transport, ukládání a ověřování fyzicky existujících objektů.

Základním Budeme mít možnost zvolení všech řádků nebo jen některých vybraných, zvolíme typ prostoje a uložíme změny.



Obrázek 7.1: Obecný model holonu dle standardu IEC 61499. V holonických systémech je striktně oddělen tok dat od toku řídicích informací, v modelu jsou tedy dva typy vstupů (řídicí a datové) a obdobně i dva typy výstupů. [4]

Několik holonů může být vhodně vzájemně propojeno tak, že dohromady tvoří jiný větší holon, což je již výše zmíněna vlastnost rekurzivnost. Vzniká tak tzv. složený (kompozitní holon), jehož datové i řídicí vstupy a výstupy jsou vhodně propojeny se vstupy a výstupy vnitřních funkčních bloků fungujících paralelně. V takovémto případě vnitřní holony reagují na řídicí podněty synchronně a je tím dosahováno vyšší kapacity zpracování dat.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 83
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Holony komunikují prostřednictvím specifického mechanismu výměny informací ve formě zasílání jednoduchých nepřiliš obsažných zpráv (často ve formě několikabitových signálů) a spolupracují prostřednictvím jedné nebo více kooperačních oblastí. V rámci každé z těchto oblastí jsou holony schopny realizovat v jistém smyslu týmové rozhodování a v jednotlivých implementacích lze nalézt první zárodky jednoduchých vyjednávacích postupů. Se složitějšími vyjednávacími algoritmy nelze ani v budoucnu na této úrovni počítat, neboť holony zabezpečují řízení v reálném čase v relativně stabilním výrobním prostředí s předem jasně definovanými reakcemi na potenciální změny či závady (dlouhé úvahy a vyjednávání či samovolná evoluce chování jsou ve výrobním prostředí často považovány za nevhodné či dokonce nebezpečné). [4]

7.1.2. Model holonického systému

Jednotlicí a široce akceptovaný model holonických systémů se nazývá PROSA (Product, Resource, Order and Staff Architecture). Referenční architektura PROSA uvažuje tyto typy holonů:

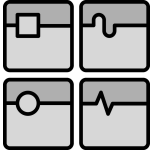
- holon výrobku – reprezentuje konkrétní fyzický výrobek a počítačovou či operátorskou podporu potřebnou pro iniciaci a monitorování příslušného výrobního procesu, vedoucího ke zhotovení výrobku.
- holon výrobního zdroje – reprezentuje jedno či více výrobních zařízení či procesů pro transformaci, přesun a kontrolu výrobků včetně příslušných řídicích algoritmů, systémů a specifikací potřeb podpory ze strany operátora.
- holon objednávky – je jednotkou reprezentující požadavky konkrétní objednávky. Jde o požadavky na kvalitu, termín dodání, cenu, priority v rámci dodávky atd. V průběhu výroby holon shromažďuje informace o stavu rozpracování zakázky a o celkovém stavu objednávky.
- holon obsluhy – je podpůrnou jednotkou zabezpečující koordinaci mezi holony a podporující dosažení globálních cílů díky globálnějšímu pohledu na probíhající distribuované procesy. Jejím hlavním obsahem bývá velmi často soubor znalostí konstruktérů, technologů a obsluhy výrobního zařízení využívaný k poskytování rad a návodů jak optimalizovat procesy uvnitř holonického systému. [4]

7.2. Multiagentní systémy

Metody používané v současnosti pro plánování a simulaci výroby ukazují nový směr projektově orientovaného plánování, které je založeno na multiagentním řízení a distribuovaném zpracování dat. Multiagentní systémy (MAS) nabízejí mnoho nových možností, jak přizpůsobit průmyslovou výrobu rostoucím nárokům zákazníků při současné optimalizaci všech zdrojů a vhodném řešení dodavatelsko-odběratelských řetězců.

Multiagentní systémy byly původně určeny k distribuovanému rozhodování v rozsáhlých informačních sítích (např. v prostředí internetu). Základním rozdílem oproti holonickým systémům je ta skutečnost, že elementární rozhodovací jednotky – agenty jsou určeny především ke zpracování dat a znalostí a nejsou tedy bezprostředně vázány k prvkům fyzického výrobního procesu. Nejsou tedy nuceny se zabývat řízením fyzických zařízení v reálném čase.

Základní vlastností multiagentních systémů je úplná separace dat a programového kódu, jejich specializace v jednom oboru a schopnost komunikace s ostatními agenty. Účinná



spolupráce agentů umožňuje shromáždit dostatek schopností k vyřešení úlohy, omezit množství přenášených dat, maximálně data předzpracovat v místě vzniku, paralelně je zpracovávat, optimálně rozložit výpočetní zátěž a zálohovat kapacitu pro případ výpadku.

Hlavními výhodami multiagentních systémů jsou jejich flexibilita, snadná rekonfigurovatelnost, škálovatelnost a otevřenost k integraci nových částí. Nevýhodou je značná komplikovanost návrhu, která však může být částečně kompenzována standardizací a opětovným používáním vyvinutých řešení. Další nevýhodou agentních řešení je výpočetní náročnost jednotlivého agentu i celého systému. Vyjednávání a plánování jsou náročné operace, které mohou zabrat nezanedbatelnou část doby potřebné k řešení.

Nejpoužívanějším současným standardem je norma FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents) pro implementaci nezávislých softwarových agentů. Pro tuto normu existuje několik implementačních balíčků, které obsahují kostru agentu, algoritmy pro komunikaci, definované komunikační protokoly a ladicí nástroje. Správné použití implementačního balíčku zaručuje kompatibilitu výsledného systému s normou FIPA. [9]

7.2.1. Agenty

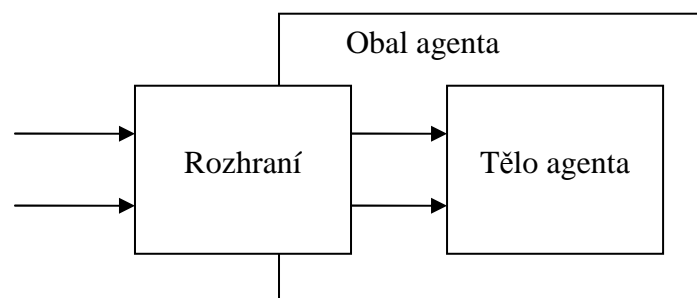
Agent je autonomní programový systém, který je schopen samostatně rozhodovat o akcích, jež uskutečňuje pro dosažení daného cíle. Pojem agent se nejčastěji používá ve dvou spojeních, která zároveň definují dvě hlavní oblasti výzkumu: komunita inteligentních agentů a mobilní agent. Inteligentní agenty jsou schopny „uvažovat“ o řešení konkrétní úlohy a plánovat spolupráci, protože zpravidla žádný z nich nemá dostatek zdrojů k samostatnému řešení. Mobilní agenty mohou být po síti přeneseny na jiný počítač, který je výhodnější pro řešení jejich úlohy, a tam pokračovat v práci. Agenty je možné snadno přidávat do systému nebo je z něj odebírat.

Možný přístup k realizaci agenta jako entity je například využití následujícího algoritmu (Algoritmus 7.1). Plán je posloupnost akcí vedoucí k dosažení nějakého záměru. Záměr je vybrán podle agentova přání v závislosti na aktuálním stavu prostředí. Může docházet k přehodnocování plánu, filtraci záměrů, kontrole, zda plán odpovídá záměru, apod.

```
opakuji {  
    přijmi vjem z okolí  
    uprav vnitřní model prostředí  
    vyber záměr  
    sestav plán pro dosažení záměru  
    spusť plán  
}
```

Algoritmus 7.1: Ukázka možného přístupu k realizaci agenta jako entity řízené nekonečným cyklem. [9]

Agent se obvykle skládá z těla a obalu (Obrázek 7.2). Obal obsahuje komunikační část, tělo pak ukrývá vlastní rozhodovací algoritmy agenta. Velmi často se lze setkat se situací, kdy tělem agenta je nějaký již existující softwarový systém, který je zmíněným obalem realizován do podoby agenta - agentifikován. [7]



Obrázek 7.2: Základní struktura agenta. [9]

Multiagentní systémy využívají několik technik koordinace. Ty se liší tím, jak velká skupina agentů vzájemně komunikuje a jakým postupem vzniká řešení – zda zdola nahoru, nebo shora dolů. Dále jsou popsány nejčastěji používané techniky koordinace a kooperace:

Funkčně přesná kooperace

Agenty pracující na principu funkčně přesné kooperace mají přidělenou svoji zájmovou oblast. Zadaný problém se snaží řešit samostatně na základě dostupných dat a sdílených dílčích závěrů, přičemž řešení budují nezávisle zdola nahoru.

Spolupráce agentů

Specifikuje postup, jak rozdělovat úlohy mezi členy skupiny agentů. Jakmile některý člen společenství agentů zjistí, že má řešit úlohu, která je nad jeho síly, zahájí vyjednávání s dalšími agenty schopnými tuto úlohu řešit.

Organizační strukturování

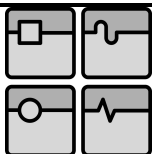
Tato metoda předpokládá existenci apriorní struktury spolupráce agentů. Strukturu lze vyjádřit jako graf, jehož uzly definují typy agentů a hrany definují typy vyměňovaných zpráv. Organizační strukturování se snaží nalézt kompromis mezi přístupem shora dolů, používaným při vyjednávání, a přístupem zdola nahoru, který používá metoda funkčně přesné kooperace.

Vyjednávání

Základním rysem vyjednávání je komunikace dvojice agentů s částečně protichůdnými zájmy. Výsledkem komunikace je konflikt nebo dohoda. V ní se jeden agent zavazuje druhému vykonat nějakou činnost. Vyjednává se buď mezi rovnoprávnými agenty, nebo častěji v hierarchické struktuře na bázi modelu manažer-kontraktor.

Vícestupňové vyjednávání

Jedná se o formu vyjednávání sloužící především pro kooperativní řešení konfliktů, které se týkají využití omezených zdrojů. Kombinací omezení na lokální zdroje s požadavkem mezi sebou koordinovat mezi sebou akce více agentů vzniká komplexní množina globálních, vzájemně závislých omezení. Výsledná úloha má tvar distribuovaného splňování omezujících



podmínek. Vícestupňové vyjednávání rozšiřuje spolupráci agentů tak, že umožňuje postupnou úpravu výchozího plánu.

Plánování pro mnoho agentů

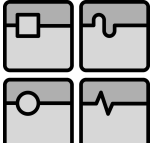
Plánování pro mnoho agentů představuje výrazně lepší způsob řízení než předešlé přístupy. Jeho hlavním cílem totiž je detekovat nekonzistence, duplicitní úsilí a konflikty při využívání zdrojů dříve, než skutečně nastanou, a odstranit je změnou plánu. Pro toto zlepšení je však zapotřebí zvýšení složitosti agentu a často i zvýšená potřeba komunikace.

Po vytvoření plánu má každý agent 2 typy cílů – primární (označíme je p-cíle) a sekundární (s-cíle). Primární cíle odpovídají předdefinované množině úloh, pro kterou byl agent do systému zařazen. Sekundární cíle jsou možné doplňky aktivit agenta, kterými může podpořit p-cíle jiného agenta.

Po plánování nastupuje vícestupňové vyjednávání. Na začátku vyjednávání má každý agent znalosti o svých primárních a sekundárních cílech a ke každému cíli zná agent alternativní plány pro jeho splnění. Alternativa je složena z fragmentu lokálního plánu, bodů interakce s jinými agenty (vztahující se k danému fragmentu plánu) a nákladů (ceny) dané alternativy.

Vyjednávání vedoucí k určitému rozhodnutí probíhá v pěti krocích:

1. Tvorba dočasného plánu – každý agent prověří své p-cíle a vytvoří dočasný plán, který obsahuje nejvýše oceněný soubor fragmentů lokálně proveditelných plánů pro p-cíle (v tomto okamžiku se s-cíle neuvažují, protože nějaký jiný agent zodpovídá za relevantní nadřazené p-cíle).
2. Vyslání žádostí o kooperaci – všichni agenti se vzájemně požádají o potvrzení výběru svého dočasného plánu. Poznamenejme, že agent potřebuje komunikovat jenom s těmi agenty, kteří poskytují vstupní informaci relevantní k jeho dočasnému rozhodnutí.
3. Prověření realizovatelnosti dočasného plánu – každý agent prověřuje svou vstupní frontu zpráv od jiných agentů. Žádosti o pomoc od jiných agentů vyřizuje tak, že k množině svých aktivních p-cílů přidává relevantní s-cíle. Současně zpracovává i odpovědi na své žádosti o pomoc při realizaci svého dočasného plánu - získané informace začleňuje do stromu lokální proveditelnosti a používá jako doplňkové znalosti při provádění revize svého dočasného rozhodnutí. Agent si tak vytváří soubor aktivních cílů, který obsahuje všechny lokální p-cíle spolu s těmi s-cíli, které byly přidány v průběhu tohoto kroku.
4. Revize dočasného plánu – agent ohodnotí alternativy spojené se svými aktivními cíli podle nákladů a podle důležitosti cíle (p-cíl,s-cíl atd.). Jako revidovaný dočasný plán si vybere nejvýše ohodnocený soubor lokálně konzistentních alternativ pro aktivní cíle. Na tomto místě může dojít ke změně původního dočasného plánu přidáním nebo zrušením některých fragmentů plánů. Zprávy odrážející jakékoliv změny v dočasném plánu a vnímané konflikty jsou předávány příslušným agentům.
5. Kontrola původních cílů – znovu je prozkoumána vstupní fronta zpráv a činnost pokračuje tak, jak bylo popsáno (od kroku 3). Proces agregace, znalostí o nelokálních konfliktech pokračuje, dokud agent neví o všech konfliktech, ke kterým jeho fragmenty plánu přispívají. [4]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 87
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

7.3. Přínos holonických a multiagentních systémů

Dnešní automatické řízení je vesměs centralizované a přísně hierarchické. Tak jsou dnes budovány celé rozsáhlé průmyslové sítě, na něž jsou napojeny programovatelné automaty, které také fungují v centralizovaném režimu.

Na rozdíl od centralizovaných systémů představují multiagentní a holonické systémy dynamickou, snadno rozšiřitelnou alternativu. Systém je schopen velmi účelně nereagovat na změny, jež jsou způsobeny příchodem prioritní zakázky nebo výpadkem výrobní jednotky, přičemž jeho odezva je úměrná závažnosti příčiny. Vzniklý problém se pokusí vyřešit jeden konkrétní agent, a když neuspěje, požádá o spolupráci okolní agenty. Struktura výrobních linek a výrobní postup nejsou pevně zadány ve struktuře řídicího systému, ale vznikají dynamicky při vzniku nové zakázky. Jsou automaticky upravovány při každé změně. Vzhledem k tomu, že řídicí a plánovací proces je distribuován na větší množství výpočetních jednotek, minimalizuje se riziko nestability způsobené výpadkem jednoho agentu.

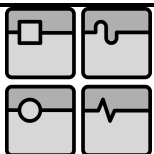
Řada aplikací vyžaduje velmi distribuované řízení. Jedná se o aplikace např. v chemickém průmyslu nebo při distribuci elektřiny, plynu či vody, kde je nutné mít autonomní jednotky, jež vykonávají mnohé zásahy do řízené technologie samostatně, bez komunikace s centrem. V pružných výrobních úsecích je občas nutné za provozu vyměnit, přidat nebo ubrat některá zařízení, a to nejen z důvodu poruchy nebo údržby, ale také při změně plánu výroby. Je důležité, aby se při každé takové změně co nejrychleji našla nová výrobní cesta. Pro všechny tyto účely jsou holonické a multiagentní systémy vhodným řešením.

Příkladem může být dopravníkový systém, kde se u jednoho dopravníku vyskytne porucha. V klasickém uspořádání je nutné zastavit výrobu, přeprogramovat linku a znovu ji spustit. S agentovým řízením to funguje jinak: jakmile zařízení zjistí, že má poruchu, oznámí to všem ostatním zařízením, která to zajímá. Ta se okamžitě začnou dohadovat na náhradním řešení a výrobky posílají jinou cestou. Když je dopravník opraven, rozešle zprávu, že je připraven k činnosti, a dohodne se s okolními zařízeními, co je pro ně schopen udělat. Nic se nemuselo zastavovat ani přeprogramovat, vše funguje zcela automaticky.

Holonické a multiagentní systémy jsou tedy mnohem pružnější a robustnější než klasické centralizované řízení, umožňují automaticky měnit konfiguraci výrobního systému a měnit plány výroby.

Nejnovejším trendem, který je zatím ve stadiu experimentů, je koncepce, kde výrobek, resp. polotovár, může být holonem a je schopen diskutovat s výrobním zařízením, co od něj potřebuje. Může mu říci, kterou operaci potřebuje, zda se má na daném zařízení zpracovávat či nikoliv. Zařízení může naopak odpovídat, např. že nemá volnou kapacitu a polotovár si musí hledat jinou cestu. Výrobek a výrobní linka tedy spolu mohou komunikovat. Technika, která to umožňuje, je např. RFID (Radio Frequency Identification). Nejnovější štítky RFID umožňují nejen čtení, ale i zápis, a mohou tak s výrobním zařízením komunikovat obousměrně.

Multiagentní přístup, který se používá při řízení výroby, lze použít i pro plánování a rozvrhování. Je tu tedy přímá vazba mezi plánováním, rozvrhováním a vlastním řízením, a tyto systémy spolu mohou bez problémů komunikovat. Například systém, který řídí výrobu, zjistí poruchu nebo detekuje nové zařízení a předá plánovacímu systému informaci, že se změnila kapacita výrobní linky. Plánovací systém podle toho může přeplánovat výrobu. Celek přitom tvoří jediný multiagentní systém. To, že plánování a rozvrhování mohou být přímo svázána s provozním řízením, je jedna z největších výhod multiagentních systémů. [4]



8. Závěr

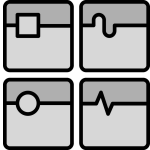
V diplomové práci jsem se zabývala výrobními řídicími systémy MES (Manufacturing Execution System). Vypracovala jsem analýzu stavu MES systémů v České republice, která má za účel získat přehled o jejich stavu - rozsah schopností, implementovaných funkcích, využitelnosti implementovaných modulů a mezní procentuální hodnoty splnění požadavků uživatelů MES.

Hlavním cílem bylo rozpracování systémového návrhu inteligentního MES systému. Jedná se o obecný návrh, kde jsem implementovala sedm modulů ze základního rozdělení MESA international. Jedná se o moduly: sběr a archivace dat, správa dokumentace, analýza výkonnosti, sledování a genealogie produktu, řízení jakosti, krátkodobé plánování (operativní plánování výroby) a správa lidských zdrojů.

Systémový návrh začíná návrhem architektury, v níž jsem samotný systém rozdělila na klientskou aplikaci, monitorovací modul, serverovou aplikaci, vizualizaci a plánovací modul. U klientské aplikace jsem rozpracovala a navrhla její vizuální provedení. Zvláštní pozornost jsem věnovala reportům o stavu výroby a následnému rozhodování o dalších krocích ve výrobě. Inteligentní složkou v MES systému je automatická schopnost systému porovnávat data naplánované výroby zobrazované v podobě Ganttova diagramu se skutečným stavem chodu výroby se stejným vizuálním výstupem. Porovnáváním začátků a konců operací se systém sám rozhoduje (na základě zadaných parametrů v systému), zda přeplánuje výrobu. Další problematické události ve výrobě jako jsou prostoje, zmetkovitost výrobků a zmetkovitost stroje jsem zajistila nastavením alarmů.

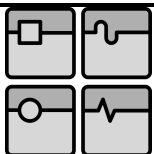
V závěrečné části jsem navrhla nové algoritmy a funkce, které mohou pomoci při řízení výroby v rámci MES systémů. Pro znázornění jsem navrhla model vstupních hodnot pro zapracování do algoritmů umělé inteligence. Jedná se o oblasti genetických algoritmů a expertních systémů, kde jsem algoritmy použila na řešení modelové situace ve výrobě. Jako poslední jsem se zaměřila na holonické a multiagentní systémy. Tyto přístupy se opírají o existenci autonomních subsystémů (modulů) schopných reagovat lokálně při řešení běžných situací a komunikovat s jinými specializovanými moduly jen v případě potřeby (například při závadě) a tím vytvářejí nové možnosti pro řízení výroby.

Přínosem diplomové práce je obecné rozpracování systémového návrhu inteligentního MES systému, na který lze dále navázat implementací konkrétního zadání a pokračovat programováním již konkrétního systému. Práci lze dále rozvíjet zkoumáním zde uvedených metod umělé inteligence k získání nových nástrojů pro další zkvalitnění práce výrobních podniků.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 89
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	





9. Literatura

- [1] McClellan, M., Applying Manufacturing Execution System, CRC Press LLC, 1997
- [2] Kletti, J., Manufacturing Execution System – MES, Sprinter – Verlag Berlin Heidelberg, 2007
- [3] Mařík, V., Štěpánková, O., Lažanský, J., a kolektiv, Umělá inteligence (2), Praha, 1997
- [4] Mařík, V., Štěpánková, O., Lažanský, J., a kolektiv, Umělá inteligence (4), Praha, 2003
- [5] Dvořák, J., Expertní systémy, VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2004
- [6] Kvasnička, V., Pospíchal, J., Tiňo, P., Evolučné algoritmy, STU Bratislava, 2000.
- [7] Internetové stránky Automatizace, Odborný časopis pro automatizaci, měření a inženýrskou informatiku
<http://www.automatizace.cz>
- [8] Internetové stránky SystemOnLine, Zpravodajský portál časopisu IT Systems
<http://www.systemonline.cz>
- [9] Internetové stránky Odborné časopisy
<http://www.odbornecasopisy.cz>
- [10] Podklady a konzultace od firmy Merz s.r.o.
<http://www.merz.cz>
- [11] Podklady a konzultace od firmy Compas automatizace s.r.o.
<http://www.compas.cz>
- [12] Internetové stránky Unis
<http://www.unis.cz>



10. Seznam použitých zkratk

ERP	(Enterprise Resource Planning)	– Plánování podnikových zdrojů
MES	(Manufacturing Execution System)	– Výrobní řídicí systém
MESA	(Manufacturing Execution System Asociation)	– Asociace MES
MRP	(Manufacturing Resource Planning)	– Plánování výrobních zdrojů
MCS	(Manufacturing Control System)	– Výrobní kontrolní systém
SPC	(Statistical Process Control)	– Statistická kontrola procesu
GMP	(Good Manufacturing Practice)	– Správný výrobní provoz
ISO	(International Standardizing Organization)	– Mezinárodní organizace standardů
SQC	(Statistical Quality Control)	– Statistická kontrola kvality
AS	(Automatic Storage)	– Automatický sklad
RS	(Retrieval System)	– Systém vyhledávání informací
CAD	(Computer Added Design)	– Počítačem podporovaný design
ID	(Identification)	– Identifikace
PLC	(Programmable Logic Controller)	– Programovatelný automat
PDA	(Product Data Acquisition)	– Získávání výrobních dat
PPS	(Process Planning System)	– Plánovací výrobní systém
DSS	(Decision Support Systems)	– Podpora systémového rozhodování
OLTP	(On-Line Transaction Processing)	– Přímé zpracování procesů
CAM	(Computer Added Manufacturing)	– Počítačem podporovaná výroba
JIT	(Just In Time)	– Metoda právě včas
AGVS	(Automatic Guided Vehicle Systems)	– Automatický dopravní systém
CRP	(Control Resource Planning)	– Kontrola plánování zdrojů
OEE	(Overall Equipment Effectiveness)	– Celková účinnost zařízení
OPC	(OLE for Process Control)	– OLE pro procesní kontrolu
OLE	(Object Linking and Embedding)	– Vkládání a spojování objektů
VPN	(Virtual Private Network)	– Virtuální privátní síť
RFID	(Radio Frequency Identification)	– Identifikace na rádiové frekvenci
GUI	(Graphics User Interface)	– Grafické uživatelské rozhraní
OEE	(Overall Equipment Effectiveness)	– Koeficient efektivity zařízení
CRP	(Capacity Requirements Planning)	– Plánování kapacitních požadavků
GA	(Genetic Algorithm)	– Genetický algoritmus
MAS	(Multiagent system)	– Multiagentní systém
UI		– Umělá inteligence

 	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 91
 	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

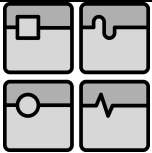
11. Přílohy

Příloha A:

- Modulární rozdělení MES systémů ve firmě Compas.
- Platforma Mangrow používaná ve firmě Merz.

Příloha B:

- Akceptační kritéria



Příloha A

Moduly firmy Compas

COMES Logon

Tento modul slouží pro autorizaci (přes modul se umožňuje přístup do ostatních modulů), správu uživatelů a správu událostí vzniklých v systému. Je zde možnost vytváření modelu výrobních zařízení a technologie. Změny prováděné v modulu jsou automaticky ukládány.

COMES Historian

Modul určený pro sběr a archivaci procesních dat z řídicích systémů. Následně se data zpracovávají do reportů (grafy a tabulky). Modul poskytuje uložená data dalším modulům systému.

COMES Modeller

Modul slouží pro přetváření dat na informace, např. výpočty klíčových výrobních ukazatelů, datových sestav a tabulek, bilancí z nejrůznějších dat. Zdrojem dat mohou být jak ostatní moduly COMES (Historian, Traceability, Batch) tak i externí databáze. Výsledky analýz je možno zobrazovat formou grafů a protokolů.

COMES Traceability

Modul plní funkci sledování výroby z hlediska použitých surovin, meziproductů a obalů včetně jejich detailního určení. Součástí modulu je genealogie produktu, která vytváří tzv. rodné listy výrobků. Tyto funkce zajišťují možnost okamžité nalezení informací o výrobní historii a tím se výrazně podílí na kvalitě vyráběných součástí.

COMES Batch

Slouží pro řízení šaržových (nespojitéch) výrobních procesů. Umožňuje pružné recepturové řízení a tvorbu výrobních předpisů, což vychází z mezinárodního standardu ANSI/ISA-S88. Veškeré změny provedené v modulu nebo ve výrobních předpisech jsou ukládány do záznamu audit trail (záznam o provedených změnách). Modul je datově provázán s ostatními moduly (např. k vyrobené šarži umožňuje zobrazit procesní data uložená v modulu COMES Historian).

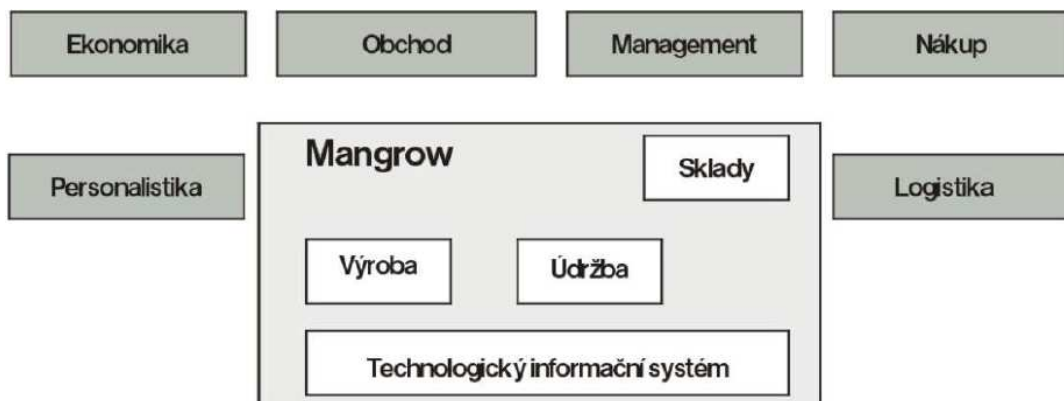
Popis konceptu Mangrow (Merz)

Mangrow je otevřený provozní a řídicí informační systém. Skládá se z modulů, které jsou navzájem propojeny standardizovaným rozhraním. Moduly lze skládat samostatně nebo dle potřeby lze do výroby nasadit i více jednotlivých navzájem propojených modulů. Tyto moduly jsou kompatibilní i s produkty třetích stran přes standardizované rozhraní.

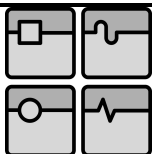
Moduly Mangrow řeší problematiku monitoringu, řízení a dokladování výrobních a technologických procesů. Tento modulární systém umožňuje zpracování dat v dávkovém režimu nebo v reálném čase v průběhu výroby. Součástí systému je integrace různých podnikových zdrojů s cílem vytvoření jednotného datového prostředí, usnadňující tvorbu specifických portálových řešení (centralizované zobrazování informací a vizualizace výrobních procesů) a reportingu.

Systém Mangrow je rozdělen na tři oblasti:

- Technologický informační systém - výměna dat, vizualizace, řízení, archivace.
- Oblast řízení údržby – správy požadavků, plánování údržby, řízení servisu, řízení skladu.
- Oblast plánování, řízení a sledování výroby – řízení zakázek, plánování výroby, sledování výrobků, řízení kvality, logistika, řízení skladů.



Obrázek A.1: Ukázka implementování systému Mangrow do výrobního podniku.



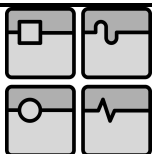
Příloha B

Akceptační kritéria

Funkcionalita klientské aplikace

Funkce	Chování	Požadovaný výsledek
Přihlášení uživatele	Otevření klientské aplikace	Otevření klientské aplikace po zadání správného jména a hesla, jinak ohlášení - odepření přístupu.
Práva uživatelů	Zobrazení pouze povolené funkcionality	Po přihlášení uživatele se zobrazí pouze položky menu, které jsou povoleny pro úroveň oprávnění daného uživatele.
Správa strojů	Mazání, přidávání a editace strojů	Uživatel s daným oprávněním bude mít možnost přidat, smazat a editovat stroje v systému. Každý stroj bude mít editovatelné tyto vlastnosti: identifikační kód, název stroje, popis, zda povoluje přihlášení více uživatelů, jak často má terminál obnovovat informace ze serveru, normu pro operaci/směnu, délka pásu (pro výpočet času vyrobení zmetků). Provedené úpravy se uloží do databáze (pokud je vše v pořádku) nebo se zobrazí varovné hlášení (v případě chybného zadání nebo chyby)
Správa výrobků	Mazání, přidávání a editace výrobků	Uživatel s daným oprávněním bude mít možnost přidat, smazat a editovat výrobky v systému. Každý výrobek bude mít editovatelné tyto vlastnosti: kód, název výrobku, popis Provedené úpravy se uloží do databáze (pokud je vše v pořádku) nebo se zobrazí varovné hlášení (v případě chybného zadání nebo chyby)
Správa druhů zmetků	Mazání, přidávání a editace druhů zmetků	Uživatel s daným oprávněním bude mít možnost přidat, smazat a editovat druhy zmetků v systému. Každý druh zmetku bude mít editovatelné tyto vlastnosti: jméno, název typu stroje zmetku, zda je zmetek technologický, pořadí na obrazovce. Provedené úpravy se uloží do databáze (pokud je vše v pořádku) nebo se zobrazí varovné hlášení (v případě chybného zadání nebo chyby)
Správa druhů důvodů prostožů	Mazání, přidávání a editace důvodů prostožů	Uživatel s daným oprávněním bude mít možnost přidat, smazat a editovat důvody prostožů v systému. Každý důvod prostože bude mít editovatelné tyto vlastnosti: jméno, název typu stroje prostože, zda prostož umožňuje měnit výrobu, pořadí na obrazovce. Provedené úpravy se uloží do databáze (pokud je vše v pořádku) nebo se zobrazí varovné hlášení (v případě chybného zadání nebo chyby)

Nahrání plánu výroby	Nahrání plánu výroby z Plánovacího modulu	Uživatel (mistr na dílně, dispečer) vybere soubor s aktuálním plánem z plánovacího modulu, načte připravený plán a provede základní kontrolu na konzistenci plánu (zda existují dané stroje a výrobky v systému) a zobrazí výrobní plán uživateli. Takový plán slouží jen pro čtení. Změnu výrobního plánu může provést pouze plánovač nebo dispečer. Plán bude obsahovat tyto informace pro každou „dávku“: číslo zakázky, číslo stroje, pořadí zakázky na stroji, kód výrobku, počet kusů k vyrobení, datum a čas začátku výroby a datum a čas do kdy se má zakázka vyrobit.
Oprava důvodu prostoje	Opravení špatně zadaného nebo nezadaného důvodu prostoje	Uživatel s daným oprávněním si vybere stroj a časové období a pro vybrané prostoje bude moci změnit zadaný důvod prostoje. Uživatel bude moci měnit důvod více prostožů najednou. Provedené úpravy budou uloženy.
Smazání prostoje	Smazání špatně detekovaného prostoje	Uživatel s daným oprávněním si vybere stroj a časové období a bude moci smazat vybrané prostoje. Uživatel bude moci smazat více prostožů najednou. Provedené úpravy budou uloženy.
Oprava důvodu zmetků	Opravení špatně zadaného zmetku	Uživatel s daným oprávněním si vybere stroj a časové období a pro vybrané zmetky bude moci změnit zadaný druh zmetku. Uživatel bude moci měnit druh více zmetků najednou. Provedené úpravy budou uloženy.
Smazání zmetků	Smazání špatně detekovaného prostoje	Uživatel s daným oprávněním si vybere stroj a časové období a bude moci smazat vybrané zmetky. Uživatel bude moci smazat více zmetků najednou. Provedené úpravy budou uloženy.
Zobrazení statistiky zmetkovitosti	Zobrazení reportu Statistika zmetkovitosti	Uživatel s daným oprávněním zobrazí statistiku zmetkovitosti pro vybraný výrobek za vybrané časové období nebo směnu. Report bude obsahovat pro vybraný výrobek: procentuální zmetkovitost, počet zmetků, počet dobrých kusů. Uživatel si bude moci zobrazit data pro všechny výrobky nebo pouze pro vybraný výrobek.
Zobrazení důvodů zmetků	Zobrazení reportu Důvody zmetků	Uživatel s daným oprávněním zobrazí důvody zmetků pro vybraný výrobek za vybrané časové období nebo směnu. Report bude obsahovat pro každý výrobek: počty zmetků pro jednotlivé druhy zmetků, procentuální zastoupení druhu zmetků z celkového počtu zmetků. Uživatel si bude moci zobrazit data pro všechny výrobky nebo pouze pro vybraný výrobek. Data bude možno zobrazit v koláčovém grafu.
Zobrazení seznamu prostožů	Zobrazení reportu Seznam prostožů	Uživatel s daným oprávněním zobrazí seznam prostožů pro vybraný stroj za vybrané časové období nebo směnu. Report bude obsahovat pro každý prostož: čas začátku a konce, důvod, směnu, délku prostoje a odpovědného pracovníka.



		<p>Uživatel si bude moci zobrazit data pro všechny stroje nebo pouze pro vybraný stroj. Procentuální zastoupení důvodů bude možno zobrazit v koláčovém grafu.</p>
Zobrazení statistiky vytíženosti strojů	Zobrazení reportu Vytíženost strojů	<p>Uživatel s daným oprávněním zobrazí statistiku vytíženosti pro vybraný stroj za vybrané časové období nebo směnu. Report bude obsahovat pro každý stroj a směnu jeden řádek s těmito informacemi: celkový čas prostojů za danou směnu, celkový čas výroby za danou směnu, OEE. Uživatel si bude moci zobrazit data pro všechny stroje nebo pouze pro vybraný stroj.</p>
Zobrazení stavu strojů	Zobrazení reportu Stav strojů	<p>Uživatel s daným oprávněním zobrazí statistiku seznam všech strojů. Report bude obsahovat pro každý stroj: stav stroje a začátek aktuálního prostoje. Každý stroj rozlišuje dva stavy: vyrábí a prostoj.</p>
Historie operací	Zobrazení reportu Historie operací	<p>Uživatel s daným oprávněním zobrazí seznam operací pro vybraný stroj za vybrané časové období nebo směnu. Report bude obsahovat pro každou operaci: pořadí operace v dané směně, čas začátku operace, čas konce strojního operace, čas konce obsluhy, délka strojní operace, délka obsluhy, celková délka operace. Uživatel si bude moci zobrazit data pro všechny stroje nebo pouze pro vybraný stroj.</p>

Funkcionalita Monitorovacího modulu – Stroje

Funkce	Chování	Požadovaný výsledek
Přihlášení uživatele	Povolení funkcionality dle úrovně oprávnění uživatele	Po načtení karty se ze serveru načtou data o uživateli a povolí/zakáže se funkce dle úrovně jeho oprávnění. Pokud není na daném stroji povoleno přihlášení více uživatelů, tak bude předchozí přihlášený uživatel odhlášen.
Odhlášení uživatele	Odhlášení uživatele z terminálu	Po načtení karty se odhlásí daný uživatel. Pokud je na daném stroji přihlášeno více uživatelů, tak se povolí/zakáže funkce dle úrovně oprávnění zbylých přihlášených uživatelů. Kliknutím na jméno přihlášeného uživatele je možno uživatele odhlásit.
Detekce prostoje	Při zastavení stroje se nastaví stav prostoj	Při zastavení stroje se automaticky nastaví prostoj a zobrazí se obrazovka pro zadání důvodu prostoje. Uživatel bude moci vybrat důvod aktuálního prostoje, který se uloží na server. Uživatel bude moci začít další prostoj (tím se ukončí předchozí a začne nový). Celkové ukončení prostoje se děje až po uvedení stroje do chodu.
Zadání zmetku	Zadání zmetku pro vybraný výrobek	Uživatel bude moci zadat jeden nebo více zmetků pro vybraný výrobek a důvod. Zadaný zmetek (zmetky) se uloží na server.
Počítání vyrobených kusů	Počítání počtu vyrobených kusů dle zdvihů stroje	Modul bude detekovat začátek operace. Každý začátek operace se uloží na server.