



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV METROLOGIE A ZKUŠEBNICTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF METROLOGY AND QUALITY ASSURANCE TESTING

METRIKY A KRITÉRIA PRO DIAGNOSTIKU SOCIOTECHNICKÝCH SYSTÉMŮ

METRICS AND CRITERIA FOR SOCIO-TECHNICAL SYSTEM DIAGNOSTIC

DISERTAČNÍ PRÁCE
DOCTORAL THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Ing. LENKA RAUDENSKÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. ALOIS FIALA, CSc.

BRNO 2009

LICENČNÍ SMLOUVA POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Ing. Lenka Raudenská
Bytem: Krásného 35, 636 00 Brno
Narozen/a (datum a místo): 11. 7. 1981 v Brně

(dále jen „autor“)

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta strojního inženýrství
se sídlem Technická 2896/2, 616 69 Brno
jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:

.....

(dále jen „nabyvatel“)

Čl. 1

Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

- disertační práce
 - diplomová práce
 - bakalářská práce
 - jiná práce, jejíž druh je specifikován jako
- (dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: Metriky a kritéria pro diagnostiku sociotechnických systémů

Vedoucí/ školitel VŠKP: doc. Ing. ALOIS FIALA, CSc.

Ústav: Ústav metrologie a zkušebnictví

Datum obhajoby VŠKP: _____

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v*:

- v tištěné formě – počet exemplářů: 2
- v elektronické formě – počet exemplářů: 2

* hodící se zaškrtněte

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užit, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
 - ihned po uzavření této smlouvy
 - 1 rok po uzavření této smlouvy
 - 3 roky po uzavření této smlouvy
 - 5 let po uzavření této smlouvy
 - 10 let po uzavření této smlouvy(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3

Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne:

.....
Nabyvatel

.....
Autor

Abstrakt

Disertační práce se zabývá metrikami a kriterii pro diagnostiku sociotechnických systémů, což je v dnešní době aktuální téma firem, které chtějí zajistit kvalitu výrobků s ohledem na požadavky trhu. Stále více zákazníků vyžaduje po dodavatelích, aby prokazovali trvalou způsobilost vyrábět a dodávat kvalitní výrobky podle daných specifikací. Schopnost vyrábět kvalitní výrobky, odpovídající požadavkům zákazníka, získává klíčovou roli v konkurenceschopnosti podniku.

V práci nalezneme základní strategie a pravidla, která jsou předpokladem dobře fungujícího podniku a dokáží zajistit kvalitu výrobků za konkurence schopné výrobní ceny. Dále jsou v práci uvedeny metody a nástroje pro plánování, jež jsou nutné pro kvantifikování množství času, zdrojů a vytváření rozpočtu, včetně důležité analýzy rizik, která pomáhá definovat preventivní akce, které zredukuje pravděpodobnost faktorů, které mohou ohrozit úspěch dílčích činností, a s nimi spjatý úspěch celého podniku, od jejich prvopočátku.

Další část je zaměřena na optimalizační problémy, které jsou řešeny pomocí metod Rorjové inteligence. Jsou zde specifikovány jak samotné algoritmy, tak i jejich využití v praxi, především pak problém obchodního cestujícího a Vehicle Routing Problem, které slouží jako prostředek pro řešení dílčích problémů ve výrobním průmyslu.

V poslední části je využito Kvalitativní modelování, u něhož je možné dospět k řešení problému i s méně přesnými (kvantitativními) informacemi o zkoumaném modelu. V textu nalezneme popis kvalitativní algebry, která rozeznává jen tři možné hodnoty, a to kladná, nulová a záporná. Takto koncipovaný aparát je dostatečný pro popis trendů, a pro interpretaci výsledků lze výhodně využít nástroje z matematické oblasti teorie grafů.

Abstract

This doctoral thesis is focused on metrics and the criteria for socio-technical system diagnostics, which is a high profile topic for companies wanting to ensure the best in product quality. More and more customers are requiring suppliers to prove reliability in the production and supply quality of products according to given specifications. Consequently the ability to produce quality goods corresponding to customer requirements has become a fundamental condition in order to remain competitive.

The thesis firstly lays out the basic strategies and rules which are prerequisite for a successful working company in order to ensure provision of quality goods at competitive costs. Next, methods and tools for planning are discussed. Planning is important in its impact on budget, time schedules, and necessary sourcing quantification. Risk analysis is also included to help define preventative actions, and reduce the probability of error and potential breakdown of the entire company.

The next part of the thesis deals with optimisation problems, which are solved by Swarm based optimisation. Algorithms and their utilisation in industry are described, in particular the Vehicle routing problem and Travelling salesman problem, used as tools for solving specialist problems within manufacturing corporations.

The final part of the thesis deals with Qualitative modelling, where solutions can be achieved with less exact quantitative information of the surveyed model. The text includes qualitative algebra descriptions, which discern only three possible values – positive, constant and negative, which are sufficient in the demonstration of trends. The results can also be conveniently represented using graph theory tools.

Klíčová slova

Ganttův diagram, Metoda kritické cesty, Metoda plánování a kontrolování projektu, Vývojový diagram, Sociotechnický systém, Analýza rizik, Rojová inteligence, Genetický algoritmus, Mravenčí kolonie, Partikulární rojová optimalizace, Včelí algoritmus, VRP, Problém obchodního cestujícího, Kvalitativní modelování.

Keywords

Gantt chart, Critical Path Method, The Program Evaluation and Review Technique, Flowchart, Risk analysis, Socio-technical system, Swarm Based Optimization, Genetic algorithm, Ant Colony Optimization, Particle swarm optimization, The Bees Algorithm, The Vehicle Routing Problem, The Traveling Salesman Problem, Qualitative modelling.

RAUDENSKÁ, L. *Metriky a kritéria pro diagnostiku sociotechnických systémů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 80 s. Vedoucí disertační práce doc. Ing. ALOIS FIALA, CSc.

Prohlášení

Tímto prohlašuji, že tato disertační práce popisuje můj vlastní výzkum a byla sepsána výhradně mnou.

Lenka Raudenská

V Brně dne 27. 5. 2009

Poděkování

Děkuji touto cestou vedoucímu disertační práce docentu Aloisi Fialovi za poskytnuté rady a připomínky k této práci. Velký dík také patří všem, se kterými jsem měla možnost konzultovat svoji disertační práci, mezi nimi především profesorovi Mirko Dohnalovi za pomoc při aplikaci metody Kvalitativního modelování. Dále chci poděkovat profesorovi Vladimíru Zlatanovi z Manufacturing Engineering Centre na Cardiff University a profesorovi Risto Silvennoinen z Department of Mathematics na Tampere University of Technology za podmětné rady v oblasti Rojové inteligence. V neposlední řadě chci poděkovat profesorům z Department of Production Engineering na Tampere University of Technology za podporu při výzkumu odpovědností v jednotlivých fázích projektu.

Obsah:

ABSTRAKT	4
ABSTRACT	5
KLÍČOVÁ SLOVA	6
KEYWORDS	6
ÚVOD	11
1 VÝZNAM MANAGEMENTU JAKOSTI A NEUSTÁLÉHO ZLEPŠOVÁNÍ	13
2 DIAGNOSTIKA SOCIOTECHNICKÉHO SYSTÉMU	15
2.1 ZÁKLADNÍ RYSY, STRATEGIE A PRAVIDLA	15
2.2 METODY PLÁNOVÁNÍ	17
2.3 NÁSTROJE PLÁNOVÁNÍ	22
2.3.1 Ganttův diagram	22
2.3.2 Metoda kritické cesty (CPM - Critical Path Method)	23
2.3.3 Metoda PERT (The Program Evaluation and Review Technique)	27
2.3.4 Vývojové diagramy	28
2.4 PRŮBĚŽNÉ A KONEČNÉ HODNOCENÍ PROJEKTU	29
2.5 ANALÝZA RIZIK	30
2.5.1 Proces analýzy rizik	31
2.5.2 Analytické metody k řešení problémů	32
2.5.3 Popis rizik	34
2.6 VLIV OKOLÍ NA PRACOVNÍKA	35
3 KVANTITATIVNÍ HODNOCENÍ SOCIOTECHNICKÉHO SYSTÉMU	39
3.1 OPTIMALIZACE POMOCÍ METOD ROJOVÉ INTELIGENCE	39
3.1.1 Swarm-based optimisation - Rojová inteligence	39
3.1.2 GA (Genetic algorithm)	40
3.1.3 ACO (Ant Colony Optimization)	42
3.1.4 PSO (Particle swarm optimization)	43
3.1.5 The Bees Algorithm	44
3.1.6 Porovnání algoritmů Rojové inteligence	47
3.2 APLIKACE ALGORITMŮ ROJOVÉ INTELIGENCE	47
3.2.1 Problém obchodního cestujícího (The Traveling Salesman Problem)	48
3.2.2 The Vehicle Routing Problem (VRP)	48
3.2.3 Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW)	49
3.2.4 Genetický algoritmus pro TPS a VRP	51
3.2.5 Mravenčí kolonie pro řešení VRP	52
3.2.6 Dopravní síť a jeho matice	53
3.2.7 Další možné využití Rojové inteligence	54

4	<u>KVALITATIVNÍ HODNOCENÍ SOCIOTECHNICKÉHO SYSTÉMU</u>	56
4.1	KVALITATIVNÍ MODELOVÁNÍ	56
4.1.1	Princip kvalitativního popisu	57
4.1.2	Kvalitativní algebra	58
4.1.3	Kvalitativní operace	59
4.2	VLASTNÍ PŘEPIS NA POSLOUPNOST TRIPLETŮ	61
4.3	APLIKACE KVALITATIVNÍHO MODELOVÁNÍ	65
4.3.1	Ilustrační příklad pro kvalitativní modelování	65
4.3.2	Tvorba modelu	69
4.3.3	Ovlivňující faktory	69
4.3.4	Kvalitativní model faktorů	71
4.3.5	Kvalitativní predikce chování systému	73
4.4	MOŽNOSTI VYUŽITÍ KVALITATIVNÍHO MODELOVÁNÍ V SOCIOTECHNICKÉM SYSTÉMU	83
5	<u>ZÁVĚR</u>	84
	<u>POUŽITÁ LITERATURA</u>	86
	<u>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ</u>	90
	<u>SEZNAM OBRÁZKŮ</u>	91
	<u>SEZNAM TABULEK</u>	92

Úvod

V dnešní době je prvořadým cílem firem zajistit kvalitu výrobků s ohledem na trh. V tržním prostředí, které existuje a kde jakákoliv konkurenční výhoda může ovlivnit to, zda se daná firma udrží na trhu či nikoliv, se musí vždy usilovat o poskytnutí lepší nabídky než má konkurence. Jednou z možností je vyrábět kvalitní výrobky v co nejkratším čase, a s co nejmenšími náklady. Kvalita výrobku je problematika spojená s trendem dnešní doby, dosahovat vysoké úrovně jakosti, výrobního procesu a neustále ji zlepšovat. Stále více zákazníků vyžaduje po dodavatelích, aby prokazovali trvalou způsobilost vyrábět a dodávat kvalitní výrobky podle daných specifikací. Naplnění požadavků mnohdy zastává klíčovou roli v konkurenceschopnosti podniku, a následně získávání nových zakázek a udržení si již stabilních odběratelů. Cílů se dosahuje různými moderními prostředky, především zakomponováním kvality výrobků a prostředí do základní podnikové strategie.

Základním předpokladem dobře fungujícího podniku je dokázat zajistit kvalitu svých výrobků za konkurence schopné výrobní ceny. Aby tohoto mohlo být dosaženo, je nutné znát strategii a dílčí cíle, které budou celý proces zastřešovat.

Cílem podnikání by neměla být orientace pouze na zisk. Základní filozofie by měla být uspokojování přání zákazníka. Budeme-li dodržovat základní pravidla, zisk přijde automaticky jako důsledek, který můžeme využít na další rozvoj společnosti a rozšíření výroby a služeb.

Měli bychom brát jako samozřejmost, že celý podnik je jeden velký systém, kde spolu vše souvisí, a když jedna část tohoto komplikovaného systému nefunguje, nemůže ani podnik jako celek produkovat kvalitní, levné a konkurence schopné výrobky.

Už ze stručného popisu problému vyplývá, že problematika nebude popsitelná exaktními tvary funkce a tudíž bude nutno zvolit metody, které mohou být aplikovány, i v případě, že není znám přesný tvar funkce řešeného problému, který má být diagnostikován. Zde se používají například algoritmy Rojové inteligence, které dokážou v krátkém výpočetním čase najít sice ne nejdokonalejší, ale velmi kvalitní řešení. Rojová inteligence je technika umělé inteligence založená na studiu kolektivního chování samoorganizujících se systémů. Tyto systémy se obvykle skládají z populace jedinců, kteří působí vzájemně mezi sebou, a s okolním prostředím. Jednotlivci spolu mohou komunikovat přímo, nebo nepřímo působením v

místním prostředí. Ačkoli tyto systémy nemají žádnou centrální kontrolu chování jednotlivců, vzájemné působení mezi jednotlivci a jednoduché vzory chování jednotlivců obvykle vedou k objevení úhrnného optimálního chování typického pro celou kolonii. [40]

U mnoha veličin, jako je například kvalita, motivovanost, technická pokročilost, je ovšem získání jakýchkoliv kvantitativních informací velmi obtížné až nemožné, proto na řešení těchto problémů zvolíme aparát, který vyžaduje méně přesných (kvantitativních) informací o zkoumaném modelu a rozeznává jen tři možné hodnoty, a to kladná, nulová a záporná. Takto koncipovaný aparát je dostatečný pro popis trendů v časových řadách. Jedná se o představitele nástrojů umělé inteligence tzv. kvalitativní modelování, které spadá do podskupiny umělé inteligence Common Sense (lze přeložit jako selský rozum). Kvalitativní modelování bylo původně používáno, jak mnoho jiných matematických aparátů, ve fyzice, postupem času se rozšířilo do jiných vědních oblastí.

Disertační práce jako celek nenavazuje na žádnou již napsanou disertaci, ale vychází z více navzájem odlišných oblastí teoretického či praktického výzkumu, je tedy koncipována jako invenční spojení několika známých vědeckých postupů.

1 Význam managementu jakosti a neustálého zlepšování

Pokud mají podniky v ostrém konkurenčním prostředí přežít a vyvíjet se, měly by věnovat zásadní pozornost problematice managementu jakosti.

Význam účinného managementu jakosti na konci dvacátého století [1]:

1) Jakost je rozhodujícím faktorem stabilního ekonomického růstu podniků

Firmy s moderními systémy managementu jakosti dosahují dlouhodobě podstatně lepších výsledků než firmy s tradiční orientací na zabezpečování jakosti prostřednictvím technické kontroly.

Zvyšující se schopnost naplňovat požadavky zákazníků spolu s pozitivními referencemi dosavadních zákazníků, zákazníkům potencionálně způsobuje, že firmy registrují pozvolný nárůst podílu na trzích. Tyto účinky jsou sice dlouhodobějšího charakteru jsou však garancí trvalého zvyšování zisku a finančních toků.

2) Management jakosti je nejdůležitějším ochranným faktorem před ztrátami trhů

Výzkumy ukázaly [3], že 66 % všech příčin ztrát trhů pochází z nízké jakosti výrobků a služeb, a z toho rozhodující podíl vzniká v předvýrobních etapách.

3) Jakost je velmi významným zdrojem úspor materiálů a energií

Výroba a používání výrobků nízké spolehlivosti se projevuje mnohem vyšší poruchovostí a nižším podílem hospodářského zužitkování. Toto přináší náklady na opravy a prostoje, spotřebu materiálů a energií na opravy, a z toho vyplývajícího mrhání zdroji.

4) Jakost ovlivňuje i makroekonomické ukazatele

Téměř všechny významné světové firmy mají vypracovány postupy pro podrobné sledování důsledků zlepšování jakosti svých výrobků pro makroekonomické ukazatele (reálný hrubý domácí produkt, míra nezaměstnanosti, spotřeba soukromá a vlády, přímé investice, hrubá tvorba fixního kapitálu, zahraniční zadluženost, průmyslová výroba, tržby v maloobchodě, vývoz, obchodní bilance, saldo státního rozpočtu).

5) Jakost a ochrana spotřebitel jsou spojené nádoby

Normou ČSN ISO 8402 je pojem odpovědnosti za výrobek definován jako „povinnost výrobce nebo jiných osob k náhradě ztráty spojené s újmou na zdraví, škodou na majetku, nebo jinou škodou způsobenou výrobkem“[42]. Evropské společenství přijalo již dne 25. července 1985 směrnici 85/374/EEC o odpovědnosti za vadné výrobky. Za vadné výrobky a jimi způsobenou škodu odpovídá výrobce, přičemž se nezbavují zodpovědnosti ani dovozci zboží. Není-li možné určit konkrétního dovozce či výrobce odpovídá za škodu celý dodavatelský řetězec. Náhrada škody může přivést do krachu nebo k vysokým ztrátám ty výrobce, kteří podceňují problematiku managementu jakosti.

2 Diagnostika sociotechnického systému

2.1 Základní rysy, strategie a pravidla

Základním předpokladem dobře fungujícího podniku je dokázat zajistit kvalitu svých výrobků za konkurence schopné výrobní ceny. Aby mohlo být tohoto dosaženo, je nutné prvně jasně znát svou strategii a dílčí cíle, které budou celý proces definovat. [41]

Strategie a podnikatelské cíle:

- orientace na zákazníka
- příležitost je rozdíl mezi potřebou a výrobou
- zvýšení výroby levných produktů dobré kvality pro široké vrstvy obyvatelstva
- soustavné snižování výrobních nákladů a následně prodejní ceny (při zdražení surovin na trhu, snaha udržet ceny zvyšováním výroby)
- dbát stále na zlepšování v technice, organizaci práce, systému řízení, modelech, nákladech a obecně ve výkonnosti
- být nezávislí na vnějším kapitálu (bez bankovních úvěrů)

Základní rysy systému řízení:

- dokonalá technická a ekonomická příprava (ekonomická kalkulace by měla být základem ekonomického řízení nejen běžné výroby, ale i každého rozhodnutí)
- dělení výrobních celků (více relativně samostatných jednotek, které pracují podle pravidel stanovených vedením a mají vysokou odpovědnost za plnění uložených úkolů)
- plánování (hlavní nástroj řízení; na celkový plán by mělo navazovat plánování měsíční, na ně systém týdenního plánování a denní odváděcí plány)
- kontrola (navazovala na systém denního plánování výroby; jeden den v týdnu by se měli vedoucí pracovníci sejít na poradě, která by umožňovala vytvářet a přijímat operativně konkrétní rozhodnutí k odstranění nedostatků, což by v praxi mělo znamenat, že žádný nedostatek nepřetrvá déle než týden)
- nemyslet pouze na vzrůst firmy, ale taktéž na zaměstnance, protože jsou nejdůležitějším článkem celého výrobního procesu.

Kontrola kvality by měla být zajišťována:

- přímo ve výrobě, důsledným uplatňováním zásady „nepokračuj ve špatné výrobě“ (samokontrola dělníků)
- důslednou přejímkou materiálů a polotovarů prováděnou manipulanty a mistry (vedoucími linek)
- na konci výrobního procesu kontrola oddělením kvality (nevyhovující výrobky se buď vyřadí nebo opraví)

Denně by měli být projednány nedostatky a přijímána opatření, aby se neopakovaly.

Vlastnosti vedoucího pracovníka:

- cílevědomost
- pracovitost
- odpovědnost nejen k zakázkám (plnění zakázek) a pohledávkám (hrazení dluhů)
- výborná orientace v oboru
- sebevzdělávání v oblasti nových trendů

Základní pravidla pro řízení podniku:

- naplnit přání a představy zákazníků – ovšem čím větší sortiment vyrábíme, tím větší máme náklady a tudíž stoupá cena
- hledat nepokryté místo na trhu
- maximální úspora materiálu
- automatizace výroby
- optimalizace výrobního postupu
- normalizování výrobního času
- optimalizace organizace práce
- aktivní využívání systému řízení jakosti
- důsledná kontrola kvality
- vysoká kvalita výrobků
- rychlé řešení všech nedostatků
- hledání příčin vzniklých závad na výrobcích – následné přijímání opatření
- dokonalá ekonomická rozvaha (rozvaha zisků a nákladů)
- zavedení systému „Just in time“

- plánování výroby
- dosahování určených cílů
- soustavné snižování výrobních nákladů a následně ceny
- konkurence schopnost, v ideálním případě být před svými konkurenty
- přijímání inovací ve výrobním procesu
- kvalitní motivace zaměstnance
- vzdělávání zaměstnanců
- kvalitní ohodnocení dělníků
- vhodná volba lokality

2.2 Metody plánování

Plánování projektů je důmyslný proces, kde se vytváří schéma projektového harmonogramu a předchází budoucím problémům. Je to taktéž proces kvantifikování množství času, zdrojů a vytváření rozpočtu. Výstupem plánování procesu je projektový plán, který může projektový manažer využít k řízení činností projektového týmu.

Projekt je jednoznačný proces sestávající se z řady koordinovaných a řízených činností s daty zahájení a ukončení, prováděný pro dosažení cíle, který vyhovuje specifickým požadavkům, včetně omezení daných časem, náklady a zdroji. [3]

Základní vlastnosti projektu

- Reálný
- Jednoznačný
- Jasně formulovaný
- Strukturovaný
- Měřitelný
- Všeobecně akceptovatelný

Příprava plánu projektu

Plán projektu by měl obsahovat (s ohledem na charakter projektu):

- Zrevidování minulosti
- Dokumentační terminologii
- Charakteristiku projektu

- Současný systém
- Výhody a nevýhody
- Organizace projektu (personální obsazení)
- Cíle projektu
- Časové milníky a uzávěrky
- Projektové fáze a časový rozvrh
- Kontrolu a dozor
- Normy, nařízení
- Risk management
- Plán školení
- Plán uvedení do funkce
- Rozpočet
- Metodické postupy
- Nové nápady a uspořené

Základní prvky úspěšného plánování

Plánování – rozvržení zdrojů

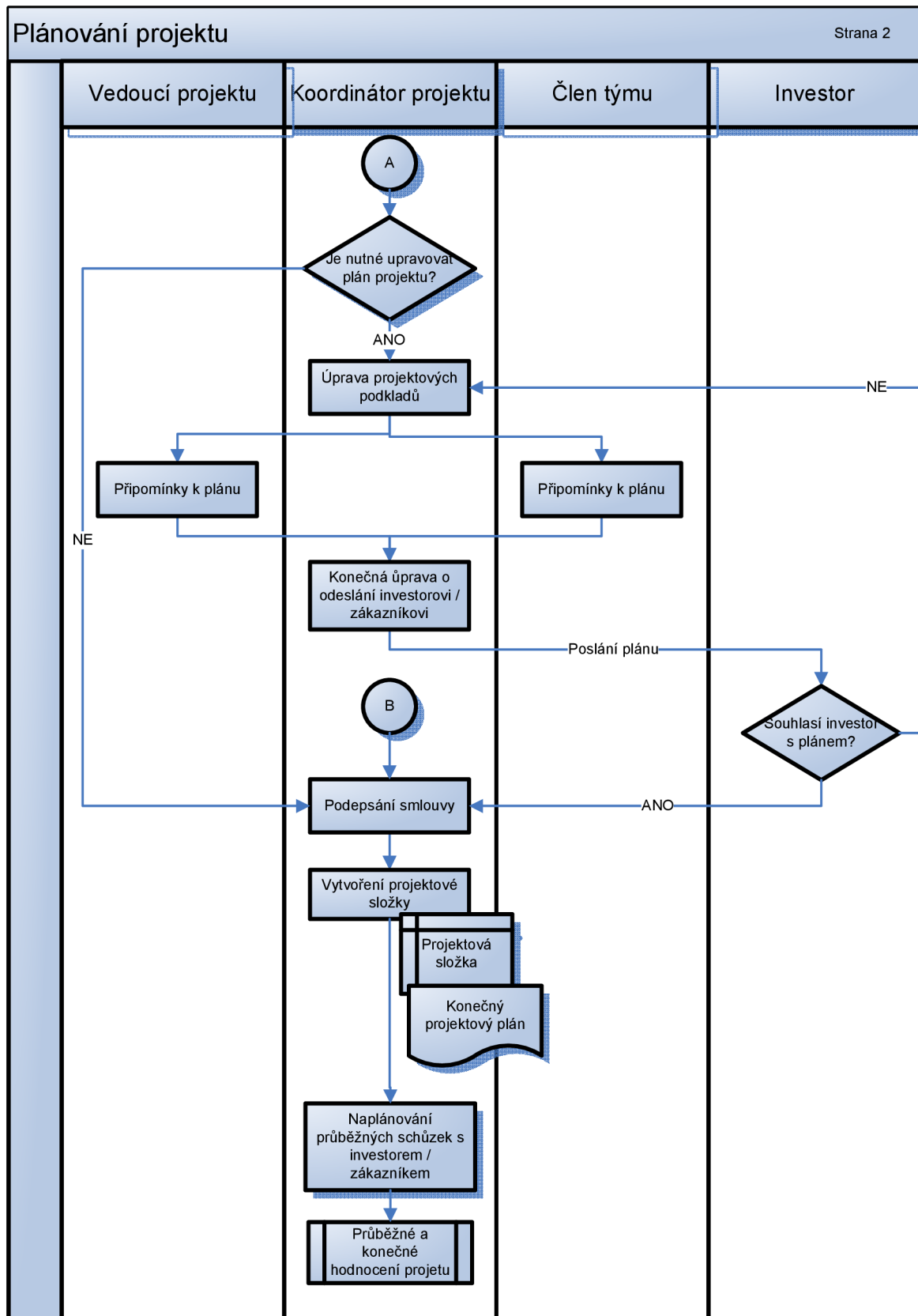
Komunikace – vnitřní i vnější

Srozumitelnost – lidé musí pochopit cíle projektu

Flexibilita – schopnost reagovat na změny

Zkušenost

Proces plánování projektu je popsán ve vývojovém diagramu na obrázku 1.



Obrázek 1: Vývojový diagram plánování projektu

Rozpočet

Rozpočet je plán hospodaření v průběhu projektu. Pomocí něj jsou příjmy rozpočtu přerozděleny. Výdaje rozpočtu pokrývají projekt tak, že jsme schopni naplnit úspěšně jeho cíl.

Rozpočet by měl obsahovat finanční plán na celou délku projektu (i několik let).

Základní položky v rozpočtu jsou:

- Administrativní náklady
- Výrobní náklady
- Náklady na vybavení
- Náklady na materiál
- Finanční ohodnocení pracovníků
- Vývojové náklady
- Cestovní náklady
- Dodávky od subdodavatelů
- Další náklady

Projektová složka

Každý projekt by měl mít svoji složku, kde budou zařazeny všechny důležité dokumenty:

- Projektový plán
- Rozpočet
- Požadavky na místo a personální zajištění
- Zápisy ze všech schůzek
- Smlouvy
- Analýza rizik
- Korespondence

Shrnutí nejdůležitějších bodů v plánování:

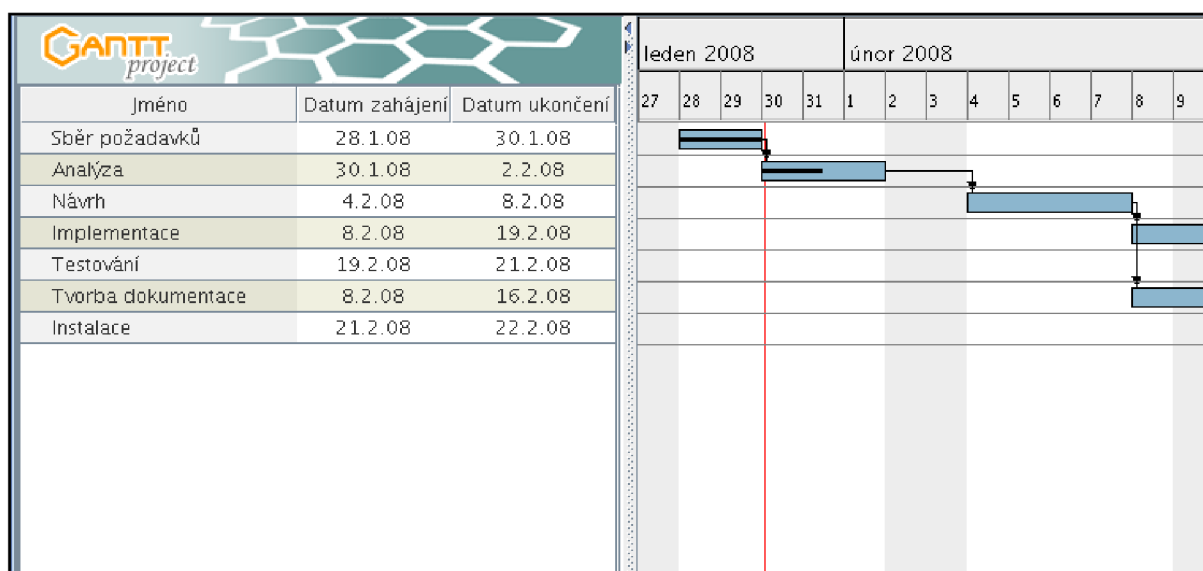
- Vytvoření podrobného časového harmonogramu činností
- Přesně zadán a všem znám cíl projektu
- Funkční pracovní tým

2.3 Nástroje plánování

2.3.1 Ganttův diagram

Ganttův diagram (Gantt Chart) slouží k zobrazení časové náročnosti a posloupnosti jednotlivých částí projektu – počáteční a konečná data jednotlivých činností a shrnutí jednotlivých činností projektu. Dále pak znázorňuje návaznosti a vztahy mezi jednotlivými činnostmi. Je důležité, aby byl přiměřeně detailní a zároveň realistický.

V průběhu projektu graficky znázorňuje skutečný časový postup projektu ve srovnání s plánovaným průběhem.



Obrázek 2: Příklad Ganttova diagramu

Na svislé ose jsou vypsány činnosti projektu a na vodorovné čas.

Tvorba Ganttova diagramu:

1) Definovat požadavky projektu na:

- Práci - Zde můžou být zahrnuty i měření nutná k úspěšnému dokončení projektu.

Při rozvrhování práce na jednotlivé dílčí činnosti, je cílem dosáhnout takové celky, u kterých budou zřejmé požadované schopnosti, zdroje a identifikovat možná rizika. Délka všech dílčích činností by měla mít přibližně stejnou délku s ohledem na to, aby byl daný cíl činnosti jasně definován a možný sledovat a kontrolovat.

- Zdroje - Zahrnuje lidské zdroje, stroje, nástroje, materiály a celkový rozpočet.
Jedná se o rozvržení zdrojů pro jednotlivé činnosti s ohledem na požadovanou práci a možné dostupné zdroje
 - Čas - včetně doby do kdy musí být projekt dokončen, prázdniny a další periody, kdy nejsou dostupné zdroje.
Odhad času, který bude zapotřebí k dokončení každého úkolu s danými přidělenými zdroji.
Nejlepší metodou je použít data, která jsou získána z předchozích podobných úloh.
- 2) Určit závislosti jednotlivých úkolů, což znamená nalezení úkolů, které musí být dokončeny před tím, než další úkol může začít.
 - 3) Vypočítání doby zahájení a ukončení každého úkolu. Pro složitější případy je dobré využít metodu PERT (viz.:odstavec 2.3.3)
 - 4) Zvolit měřítko na časové (vodorovné) ose Ganttova diagramu (například jeden článek může znamenat jednu hodinu ale také jeden měsíc).
 - 5) Určit období, během kterého nemohou být úlohy zpracovávány - státní svátky, dovolené, celozávodní dovolené apod. A zaznačení těchto dat do diagramu.
 - 6) Zanesení na svislé ose všech úkolů, a k nim na vodorovné ose délku jejich trvání a provázanosti jednotlivých úkolů
 - 7) Vývoj jednotlivých úkolů by měl být zaznačován v grafu vodorovnou tlustou čarou v jednotlivých úkolech a momentální datum znázorněno svislou čarou. Toto značení nám napomáhá v orientaci, v které části projektu se nacházíme a jestli máme časové rezervy či zpoždění.

2.3.2 Metoda kritické cesty (CPM - Critical Path Method)

CPM je deterministická metoda, která slouží ke stanovení doby trvání projektu na základě délky tzv. kritické cesty. CPM umožňuje usnadnit efektivní časovou koordinaci dílčích, vzájemně na sebe navazujících činností v rámci projektu.

Výhody této metody:

- Poskytuje grafické znázornění projektu
- Předpovídá požadovaný čas na ukončení jednotlivých činností
- Ukazuje, které aktivity jsou kritické (časově nejnáročnější), a které ne.

Kritická cesta

je definována jako (časově) nejdelší možná cesta z počátečního bodu grafu do koncového bodu grafu. Každý projekt má minimálně jednu kritickou cestu. Každá kritická cesta se skládá ze seznamu činností, na které by se měl manažer projektu nejvíce zaměřit, pokud chce zabezpečit včasné dokončení projektu. Datum dokončení posledního úkolu na kritické cestě je zároveň datem dokončení projektu. Pro kritické úkoly platí, že jejich celková časová rezerva a tedy i volná časová rezerva je rovna nule, tzn., že zdržení počátku tohoto úkolu nebo prodloužení jeho doby trvání bude mít vliv na konečné datum projektu, z čehož vyplývá vyšší priorita úkolů na kritické cestě. Kritická cesta se promítá do časového plánování a řízení projektu ve všech fázích životního cyklu projektu.

Pro řešení metodou kritické cesty využíváme síťový graf, který se skládá z uzlů a orientovaných hran. Hrany odpovídají jednotlivým dílčím úkolům. Daný úkol jednoznačně určují počáteční a koncový uzel, kterými je každá činnost ohraničena.

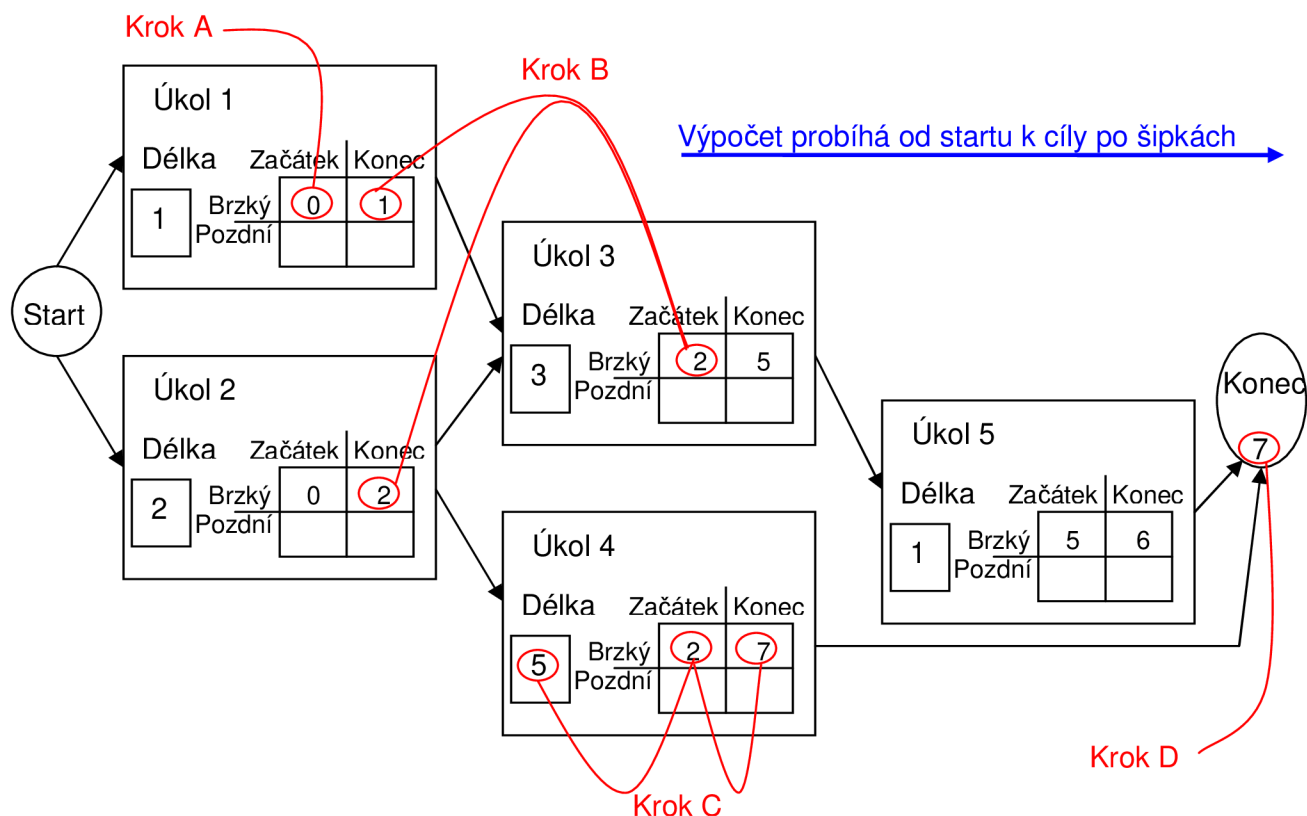
Na realizaci úkolu je třeba určit doby trvání činnosti (viz.: kapitola 2.3.1) a vazby mezi jednotlivými úkoly a dle toho zkonstruovat síťový graf.

Postupné kroky CPM:

1) Prvně musí být vytvořen seznam se všemi úkoly včetně jejich délky trvání. Každý úkol bude mít vlastní kartu, na které bude zaznačen nejen název úkolu a jeho délka trvání, ale taktéž tam bude prostor pro vyplnění začátku a konce úkolu, jak pro brzkou, tak pro pozdní variantu.

Brzký začátek a brzký konec je čas kdy může úkol nejdříve začít či skončit. Stejně tak pozdní začátek a pozdní konec jsou nejzazší termíny, kdy může úkol začít respektive skončit, aby nedošlo ke zpoždění celého projektu.

2) Začínáme s úkoly na začátku diagramu doplněním brzkého začátku a brzkého konce.



Obrázek 3: Výpočet brzkého začátku a brzkého konce

Brzký začátek je u první(ch) úkolu roven nule (viz.: Obrázek 3, krok A), u dalších je to nejvyšší hodnota brzkého konce z úkolů přímo předcházejícímu danému úkolu (viz.: Obrázek 3, krok B).

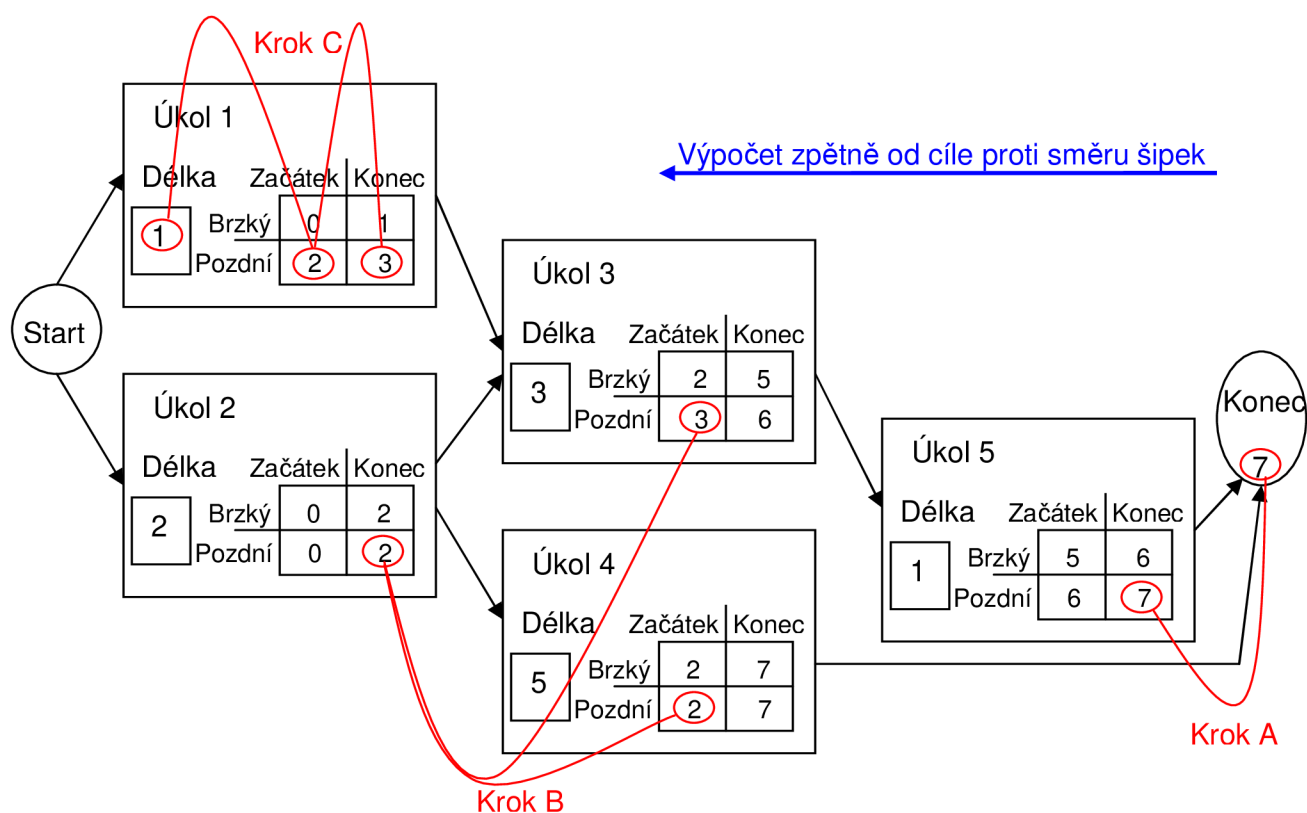
Brzký konec se vypočítá součtem brzkého začátku s délkou (doba trvání, viz.: Obrázek 3, krok C),

Nejzažší možné datum kompletnosti celého projektu se stanoví stejně, jako brzký začátek, to znamená je to nejvyšší hodnota brzkého konce ze všech posledních úkolů (viz.: Obrázek 3, krok D).

3) Pro výpočet pozdního začátku a pozdního konce začínáme s výpočtem od konce diagramu a postupujeme proti směru šipek.

Pozdní konec je roven nejmenší hodnotě pozdního startu z předcházejících úkolů (viz.: Obrázek 4, krok B). U posledních úkolů je to rovno hodnotě v konci (viz.: Obrázek 4, krok A).

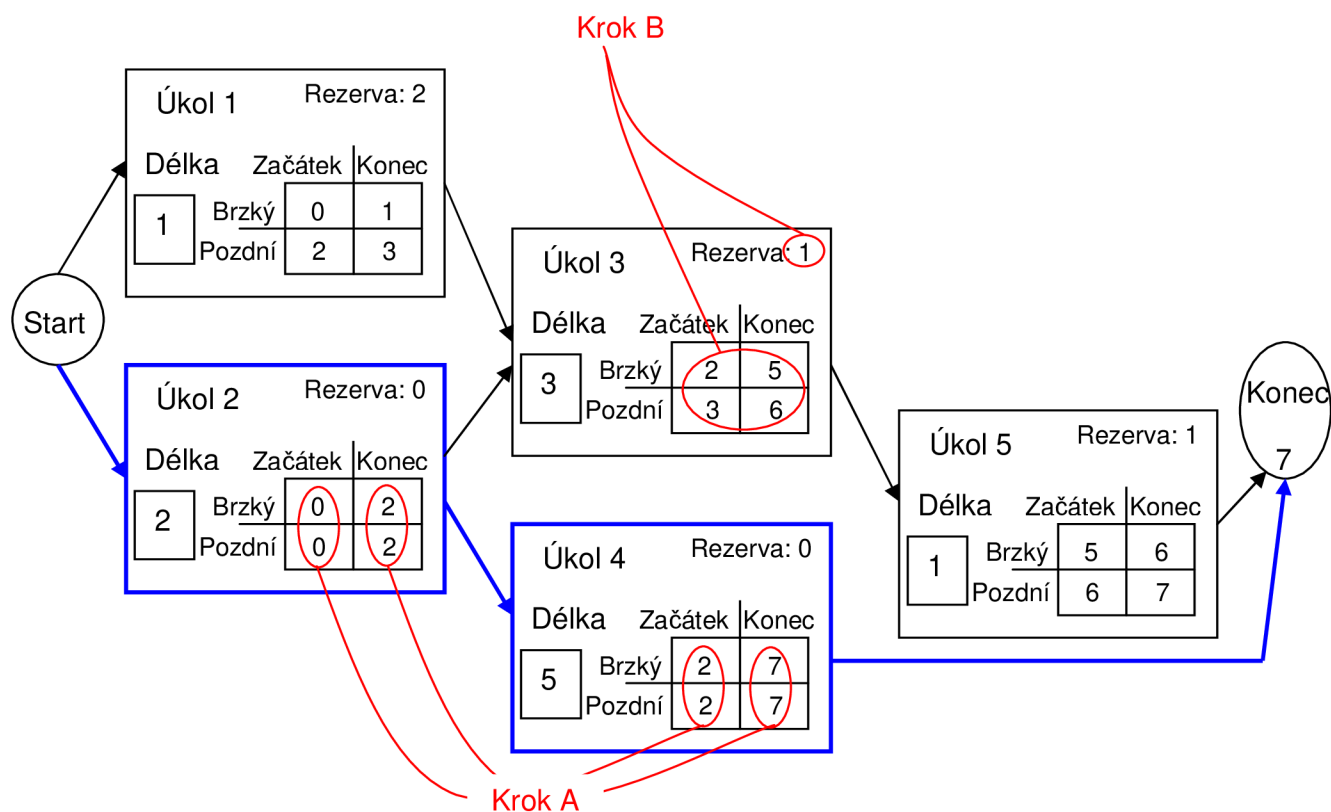
Pozdní začátek se vypočítá odečtením délky trvání od pozdního konce (viz.: Obrázek 4, krok C).



Obrázek 4: Výpočet pozdního startu a pozdního konce

4) Nyní se bude počítat rezerva, což je doba, o kterou se daný úkol může opozdit bez vlivu na konečné datum ukončení projektu. Rezerva se vypočítá odečtením pozdního konce od brzkého konce nebo odečtením pozdního začátku od brzkého začátku (viz.: Obrázek 5, krok B).

Kritická cesta je potom právě ta, kde jsou hodnoty rezervy rovny nule (viz.: Obrázek 5, znázorněna modře). To znamená, úkoly na této cestě nemohou být opožděny, jinak dojde k opoždění celého projektu. Kritická cesta se taktéž vyznačuje tím, že jsou na ní rovny hodnoty brzký začátek s pozdním začátkem a brzký konec s pozdním koncem (viz.: Obrázek 5, krok A).



Obrázek 5: Výpočet rezervy a znázornění kritické cesty

2.3.3 Metoda PERT (The Program Evaluation and Review Technique)

Metoda PERT je síťový model, který připouští náhodnost v čase aktivit. Tato metoda rozšiřuje metodu CPM.

Postupné kroky PERT:

1) Vytvořit CPM diagram (viz.: kapitola 2.3.2)

2) Pro každý úkol vymodelovat tři časové odhady:

- Optimistický doba – obecně je to nejkratší doba, za kterou může být daný úkol splněn
- Nejpravděpodobnější doba – doba dokončení, která má největší pravděpodobnost. Tato doba je ovšem rozdílná od Očekávané doby.
- Pesimistická doba – nejdelší možná doba, kterou by úkol mohl vyžadovat.

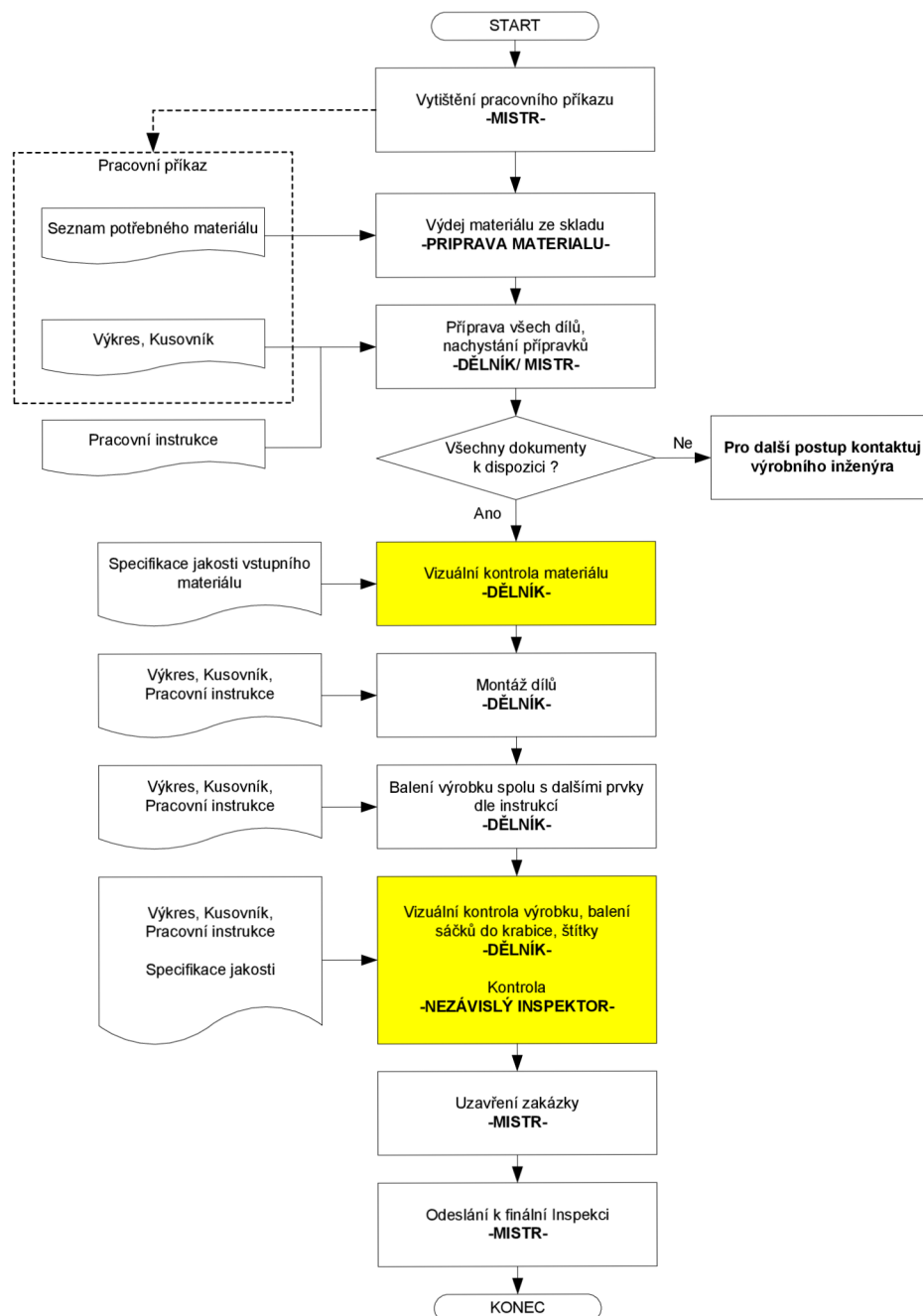
K určení Očekávaného času se využívá vztah:

Očekávaná doba = (Optimistická + 4 x Nejpravděpodobnější + Pesimistická) / 6

Tato doba může být znázorněna v síťovém grafu.

2.3.4 Vývojové diagramy

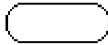


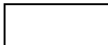



Vývojový diagram slouží ke grafickému znázornění procesu. V našem případě je s výhodou využíván na vizualizaci celého procesu projektu.



Obrázek 6: Příklad vývojového diagramu

Vývojový diagram používá pro znázornění jednotlivých dílčích operací symboly, které jsou navzájem propojeny pomocí orientovaných šipek.

Tabulka 1: Symboly zavedené pro vývojové diagramy:

	Začátek a konec algoritmu
	Spojovací čára. (značí, odkud kam proudí proces)
	Spojovací bod. (využívá se u složitějších diagramů, většinou když máme více stran)
	Příkaz (např.: načti soubor, ulož soubor, přečti hodnotu)
	Podmínka nebo rozhodování
	Cyklus s určeným počtem opakování. (např.: přečti 3 x za sebou)
	Zpracování souboru.

2.4 Průběžné a konečné hodnocení projektu

V průběhu projektu v předem stanovených intervalech by se měly konat porady, jejichž náplní je zjištění aktuálního stavu projektu a řešení vzniklých problémů.

Body porady:

1) Celkový přehled prezentovaný projektovým manažerem – stručné shrnutí hlavních bodů, cílů projektu, dokončené části apod.

2) Zhodnocení projektovým týmem – srovnání skutečnosti s projektovým plánem:

- Projektové cíle
- Dokončené úlohy

- Podmínky úspěchu projektu (v případě nenaplnění těchto podmínek bude projekt například opožděn)
- Časový harmonogram (např.: zpoždění, předstih)
- Rozpočet

3) Zhodnocení, co by mohlo v projektu fungovat lépe a co funguje dobře:

- Plánování projektu
- Řízení projektu
- Harmonogram a jeho plnění
- Zhodnocení projektu
- Komunikace – s týmem, s dodavateli apod.
- Analýza rizik
- Styky s dodavateli a investory
- Řešení sporných otázek
- Zdroje
- Technologie
- Možnosti zlepšení (metodika, analýza a návrh, testování apod.)
- Celkový chod projektu
- Podpora produkce a operací

4) Další kroky a zlepšení

2.5 Analýza rizik

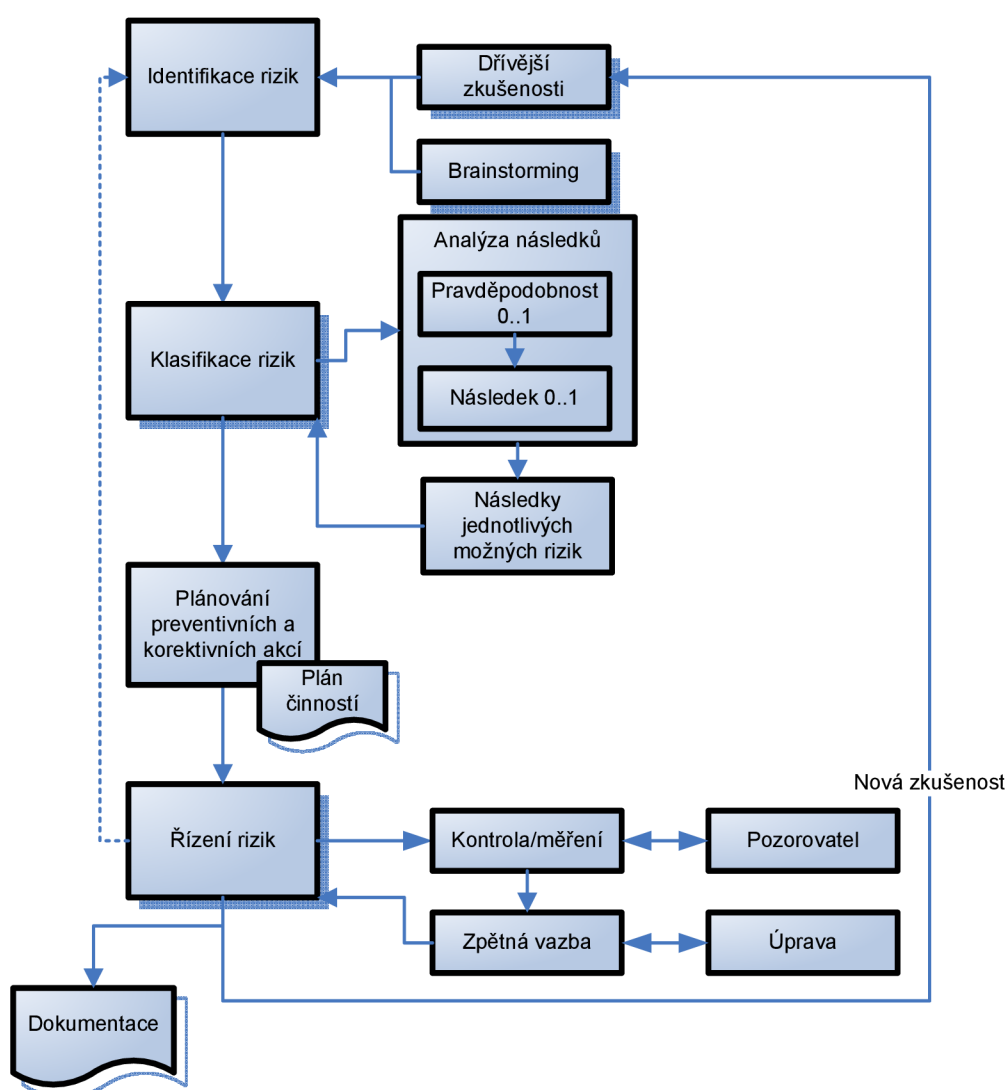
Analýza rizik je součástí plánování projektu a je velmi důležitá pro prevenci budoucích problémů.

Analýza rizik je technika k identifikování a hodnocení faktorů, které mohou ohrozit úspěch projektu nebo dosažení některého z cílů. Tato technika také pomáhá definovat preventivní akce, které zredukovat pravděpodobnost těchto faktorů od jejich prvopočátku.

2.5.1 Proces analýzy rizik

Každý projekt má životní cyklus, ve kterém prochází různými periodami (např.: plánování, plnění dílčích úkolů, uzavírání), z níž každé mohou být rozdílná rizika. Na základě toho by měla být analýza rizik prováděná pravidelně i během projektu a ne pouze na začátku. Nejlepší je analýzu opakovat po šesti až dvanácti měsících. Na závěr projektu by měl být vypracován report se všemi problémy, jejich příčinami a řešeními, pro jednodušší předejití stejným problémům u dalších projektů.

Postup analýzy rizik je znázorněn ve vývojovém diagramu na obrázku 7.



Obrázek 7: Analýza rizik

Rizika se vztahují především k:

- kvalitě produktů
- termínům
- nákladům
- přínosům

2.5.2 Analytické metody k řešení problémů

Brainstorming

Brainstorming je skupinová technika zaměřená na generování co nejvíce nápadů na dané téma. Je založena na skupinovém výkonu. Nosnou myšlenkou je předpoklad, že lidé ve skupině, na základě podnětů od ostatních, vymyslí více, než by vymysleli jednotlivě. Čím více nápadů je vytvořeno, tím pravděpodobnější je nalezení nejlepší varianty.

Postupné kroky brainstormingu:

- 1) Před započítím vedoucí skupiny popíše celý problém.
- 2) Generování nápadu. Mluvit by měl v jednom okamžiku pouze jeden. Ostatní, mají-li nějaký nápad, si ho prozatím poznačí, aby ho nezapomněli. Délka by měla být přibližně 20-30 minut. Ideální množství lidí ve skupině je 6-8 osob.
- 3) Uspořádání všech nápadů do tematicky podobných skupin a výběr nejlepších nápadů ze všech zapsaných.

Zásady:

Žádné hodnocení - Zveřejněné nápady by neměly být nikým komentovány, kritizovány ani hodnoceny. I ten zdánlivě nejloupejší může inspirovat ostatní.

Podpora uvolněné atmosféry - U brainstormingu jde především o kvantitu nápadů, proto je dobré neformální prostředí s přátelskou atmosférou.

Všechno zapisovat - Formální struktura brainstormingového týmu by měla obsahovat zapisovatele, který se nemusí nutně zúčastnit vymýšlení, ale zapíše všechny nápady, které byly řečeny.

SWOT analýza

SWOT analýza spočívá v klasifikaci a ohodnocení jednotlivých faktorů, které jsou rozděleny na silné (ang: Strengths) a slabé (ang: Weaknesses) stránky, příležitosti (ang: Opportunities) a hrozby (ang: Threats). Analýzou vzájemné interakce jednotlivých faktorů silných a slabých stránek na jedné straně vůči příležitostem a nebezpečím na straně druhé, lze získat nové kvalitativní informace, které charakterizují a hodnotí úroveň jejich vzájemného střetu.

Silné a slabé stránky podniku jsou faktory vytvářející nebo naopak snižující vnitřní hodnotu firmy (aktiva, dovednosti, podnikové zdroje atd.). Naproti tomu příležitosti a ohrožení jsou faktory vnějšími, které podnik nemůže tak dobře kontrolovat, ale může je identifikovat.

Silné stránky:

- Jaké jsou naše výhody?
- Co dobře známe?

Slabé stránky:

- Co by mohlo být zlepšeno?
- Co děláme špatně?
- Čemu bychom mohli předcházet?

Příležitosti:

- Jaké jsou před námi vhodné možnosti?
- Jaké jsou zajímavé trendy?

Hrozby:

- Jakým překážkám musíme čelit?
- Co dělá naše konkurence?
- Mění se specifikace naší práce/produktů/služeb?
- Ohrožuje změna technologie naši pozici?
- Máme problémy s finančními toky?

2.5.3 Popis rizik

V tabulce 2 jsou detailně rozepsány možná rizika a problémy rozdělené dle skupin.

Tabulka 2: Popis rizik

Cílová skupina	Příklady	Problémy
Lidé	řízení výroby, nováčci, návštěvy, mistři, vedoucí, personál údržby	nemoc, nepozornost, stres, přestupek, nutnost pomoci, nedostatek času, absence, chyby, kompetence, jazykové dovednosti, pracovní instrukce, bezpečnostní instrukce, mravní problémy, problémy s alkoholem, školení, dozor při práci
Prostředí	doprava, struktury, příroda, odpad	přesun, tma, kluzký povrch, hluk, poruchy
Budovy, prostory	vlastník, sousední budovy, sklady, pracovní prostory, veřejné místnosti	podmínky pronájmu, zabezpečení, ochrana a kontrola, stěhování do jiné lokality/budovy, čistota a upravenost, renovace/rekonstrukce
Doprava, sklady	tuzemská, zahraniční, nakládání a vykládání	nehody, zastavení dopravy, zničení/kontaminace dodávky, pojištění dopravy, časové harmonogramy, špatná adresa adresáta
Postup/proces	Obráběcí stroje a nástroje, počítače, realizace, chod testů, údržba, tuzemská doprava a uskladnění, dodavatelé	nesprávný chod/špatná funkce, prostoje, podmínky, kvalita produktu, špatné zacházení a uživatelské chyby, kontrola, úprava, čištění, kapacita, změny produktu v průběhu výroby, ztráty, provozní spolehlivost
Tok informací a řízení	Informace, zkušenosti, telefonní komunikace, experti, e-maily, záznamy, databáze, evidence procedur, příručky, finance a řízení	Nedostatek času, dovolené, stávky, nouzové situace, vyšší moc, vzájemné pochopení, jazykové problémy, spolehlivost, důležité informace, rozhodující zprávy, konzultanti, technické výrazy

Materiál, energie	Produkce, proces, přídavky, vybavení, elektřina	Kvalita, dodávky, dodavatel, doručení, spolehlivost, uskladnění
Koncentrace	Osoby, znalosti, majetek	Mnoho na jednom místě, málo na jednom místě, "sazení všeho na jednu kartu", příliš mnoho, licence/povolení, ochrana/sdílení
Rozvoj & vývoj	Vývoj činností, poradci, vývoz, požadavky, práva	Zjišťování možných rizik, financování
Obchodní rizika	Dotování, znalosti (zákazníků, produktů, výroby), investice	Kurz, přerušení plateb, kontrola, smlouvy, strategie, plánování, výpočty, obchodní cykly, poklesy, okolnosti
Zákony, normy, základní požadavky	povolení, schválení, shoda s předpisy, zákonné povinnosti	Nařízení EU, normy, místní předpisy
Ostatní	ostatní	selhání, chyba, požár, exploze, nekontrolovaná reakce, radiace, vypouštění jedů, riziko poranění elektrickým proudem, riziko zkratu, hluk, udušení, vibrace, celkové náklady

Detailnější popis a rozbor problémů je v tabulce Databáze možných rizik a problémů v příloze.

2.6 Vliv okolí na pracovníka

Nemůže být pochyb o tom, že jací jsou zaměstnanci a samozřejmě jejich výkony, takový je taktéž podnik s jeho zisky. Můžeme mít sebelepší technické vybavení podniku, ale když zaměstnanci nebudou svoji práci vykonávat důsledně, byly to zbytečně investované peníze.

Zaměstnanec ovšem není stroj, aby se dalo říci, že je špatný či nefunkční. Je to člověk, na kterého působí jeho okolí a on se dle toho chová.

Vytvoření vhodného a příjemného prostředí pro práci je víc než důležité, protože v opačném případě nemůžeme očekávat podávání nejlepších, ba dokonce ani dobrých pracovních výkonů, jak po stránce kvantitativní, tak po stránce kvalitativní.

Chceme-li tedy po zaměstnancích aby podávali stoprocentní pracovní výkon, musíme jim k tomu vytvořit vhodné pracovní prostředí.

Co především ovlivňuje výkony zaměstnance:

- prostředí, ve kterém pracuje (kancelář, dílna,...)
- spolupracovníci
- nadřizený
- platební schopnost zaměstnavatele
- poskytované bonusy
- dodržování bezpečnosti práce
- pracovní náplň

Pracovní prostředí:

Na každého z nás působí okolní prostředí a je nutné si uvědomit, že v práci trávíme nejméně 8 pracovních hodin denně, což je třetina dne. Proto by mělo prostředí určené k práci být příjemné a čisté (jsou samozřejmě výjimky, kde čisté prostředí prakticky nelze docílit, jak například hutní průmysl apod.), účelně a prakticky zařízené.

Úplnou samozřejmostí je dostatečná vybavenost pracoviště, nemá-li pracovník prostředky pro svoji práci, těžko od něho můžeme očekávat výsledky.

Prostředí by pokud možno mělo být řešeno tak, aby co nejvíce usnadňovalo práci. Například umístit tiskárnu v blízkosti počítače, preferovat ploché monitory před starými typy, které nezdravým zářením kazí oči a způsobují bolesti hlavy, umožnit pohodlnější pozici u práce - je-li možno u práce sedět, tak tuto možnost využít – tohle se zdá samozřejmé, ale například v případě pásové výroby se většinou stojí a to třeba i ve výrobě, kde by bylo možno sedět, a je to vysvětlováno právě tak, aby bylo dosaženo vyšších pracovních výkonů, ovšem nakonec jsou výsledkem spíše zdravotní problémy.

Spolupracovníci

Je nutné pečlivě vybírat nového pracovníka již při přijímacím pohovoru do pracovního poměru. Klást důraz nejen na jeho odborné kvality, ale také na jeho přizpůsobivost a schopnost začlenit se do nového kolektivu v případě, jde-li o práci v týmu. A naopak jde-li o práci individuální, nemůžeme přijmout člověka, který upřednostňuje práci ve skupině. Každý člověk preferuje něco jiného a to bychom měli respektovat a dávat na to při výběrovém řízení velký důraz.

Totéž je nutno sledovat i při tvorbě nových týmů pro nové projekty, se zřetelem na to, komu se ským dobře pracuje, eventuálně, kdo s kým spolupracovat nedokáže.

Nesmíme taktéž opomínat již vytvořené pracovní skupiny, kde může docházet ke konfliktům, intrikám, závisti a dalším problémům, které bez řešení vedou k nefunkčnosti skupiny a je nutno změnit personální obsazení (může postačit i změna jednoho člena), v opačném případě nemůžeme očekávat kvalitní výsledky.

Nadřízený

spravedlivě rozděluje dané úkoly mezi své zaměstnance, má odpovídající znalosti v oboru činnosti svého oddělení, umí kdykoliv zastat a názorně ukázat práci svých podřízených a v případě nutnosti jim pomoci s prací, vstřícně přijímat inovační nápady a zvážit jejich zavedení, má přirozenou autoritu, jde příkladem a svým chováním podřízené motivuje k práci. Musí být schopen vytvořit příjemné prostředí pro práci a tím příznivě ovlivnit jejich výkony a celkový profit společnosti.

Velmi důležité je taktéž vcítění se do situace svých zaměstnanců a následovně zvolit nejvhodnějšího přístupu k nim a k jejich vedení – přátelské, odměřené, eventuálně se rozhodnout pro „tykání“ (není-li již dáno celkovou podnikovou politikou), apod.

Je důležité také upozornit na to, jak by se vedoucí ke svým zaměstnancům chovat neměl. Určitě by se měl vyhnout vytýkání maličkostí, psychickému teroru (např.: hrozit zrušením pracovní smlouvy, odebráním prémie, nevyplacením výplaty, nepodepsáním dovolené apod.), protože člověk pod stálým tlakem jedná zbrkle a mnohdy chaoticky, tudíž není schopen podávat požadované pracovní výkony. Taktéž by se měl vyhýbat pravidlu „Jeden za všechny – všichni za jednoho“, a vždy chyby přisuzovat pravým viníkům, a s nimi osobně probrat chyby a ostatní jen obecně upozornit na možná úskalí. Určitě by ale zaměstnancovi neměl vytýkat jeho chyby před zákazníky.

Z toho vyplývá, že nadřízený má jeden z nejtěžších úkolů, protože by měl zaměstnance natolik motivovat, aby v práci nacházeli vnitřní uspokojení a zábavu, a ne jen pouze zdroj finančních příjmů.

Platební schopnost zaměstnavatele

by měla být samozřejmostí a plat by měl zaměstnanec dostávat v již dříve domluvených termínech. Občas se ovšem stává, že se podniky dostávají do platební neschopnosti a svým zaměstnancům nejsou schopni ani oznámit, kdy můžou výplaty

očekávat. V tomto případě panuje v podniku velmi napjatá situace a od té samozřejmě odvisí i pracovní výkony.

Poskytované bonusy

jak už ve formě finanční, tak věcné, jsou velmi dobrým motivačním prostředkem. Finanční prémie by měli být vždy odvislé od podávaných výkonů. Naopak věcné bonusy by měli být shodné pro všechny, aby si někdo nepřipadal nedoceněný. Mezi obvyklé výhody patří například sportovní dny, dotace fit centra, večírky, příspěvek na bydlení apod.

Dodržování bezpečnosti práce

Mělo by být samozřejmostí, že se v podniku dodržuje BOZP - Bezpečnost a ochrana zdraví při práci, která vychází ze zákoníku práce 65/65 Sb.

3 Kvantitativní hodnocení sociotechnického systému

3.1 *Optimalizace pomocí metod Rojové inteligence*

Vedle tradičních metod optimalizace existují optimalizační postupy, které se nazývají heuristické algoritmy. Tyto algoritmy nacházejí uplatnění především při řešení problémů, na které neznáme exaktní tvar funkce, nebo které jsou pro exaktní algoritmy příliš rozsáhlé.

Text je věnován především metodám Rojové inteligence, inspirované chováním skutečných biologických systémů, a srovnání těchto metod pomocí benchmarkingových funkcí.

Optimalizační problémy se vyskytují téměř v každém oboru lidské činnosti. Každodenně se setkáváme s řadou problémů: jak něco nejefektivněji udělat, jaká je nejlepší kombinace složení, jaký je nejproduktivnější technologický postup apod. Na řešení těchto a podobných problémů se používají optimalizační metody.

V případě, že není znám přesný algoritmus řešeného problému, který má být diagnostikován, není možné problém řešit pomocí tradičních metod optimalizace, mezi které patří například numerické, lineární a nelineární programování, dynamické programování nebo variační metody. Zde a taktéž v případě, že řešení by bylo předchozími metodami pro exaktní algoritmus příliš rozsáhlé, se používají například genetické algoritmy, statistické teorie optimalizace nebo různé heuristické algoritmy. Tyto postupy dokážou v krátkém výpočetním čase najít sice ne nejdokonalejší, ale velmi kvalitní řešení.

3.1.1 **Swarm-based optimisation - Rojová inteligence**

Rojová inteligence je technika umělé inteligence založená na studiu kolektivního chování samoorganizujících se systémů.

Systémy rojové inteligence se obvykle skládají z populace jedinců, kteří působí vzájemně mezi sebou, a s okolním prostředím. Jednotlivci spolu mohou komunikovat přímo, nebo nepřímo působením v místním prostředí. Ačkoli tyto systémy nemají žádnou centrální kontrolu chování jednotlivců, vzájemné působení mezi jednotlivci a

jednoduché vzory chování jednotlivců obvykle vedou k objevení úhrnného chování typického pro celou kolonii. Toto může být v přírodě pozorováno například u mravenců, včel, ptáků nebo bakterií. Inspirováním chováním těchto kolonií vznikly algoritmy takzvané Rojové inteligence, které jsou úspěšně aplikovány na řešení náročných optimalizačních úloh. [40]

3.1.2 GA (Genetic algorithm)

Genetic algorithm (genetický algoritmus) hledání založené na mechanismu přirozeného výběru a genetiky, je vlastně použitím klasické evoluce. GA řeší nesnadné problémy rychle, spolehlivě, přesně a široce užívaný pro řešení optimalizačních a aproximačních problémů.

Algoritmus začíná s počáteční populací (to jest tzv.: první generace) často vygenerovanou náhodně. Každý jedinec (nositel genetické informace) v populaci (obecné vyjádření pro sled generací) reprezentuje možné řešení k problému. Hodnota Fitness (síla jedince v generaci, na ni závisí pravděpodobnost jeho přežití) je přidělena každému jednotlivci a provází ho celým hledáním. Vyšší hodnota Fitness dává jedinci vyšší pravděpodobnost selekce (výběr jedinců, kteří přežívají v generaci). Vybraní jedinci postupují do genetického přetvoření genetickými operátory jako křížení a mutace.

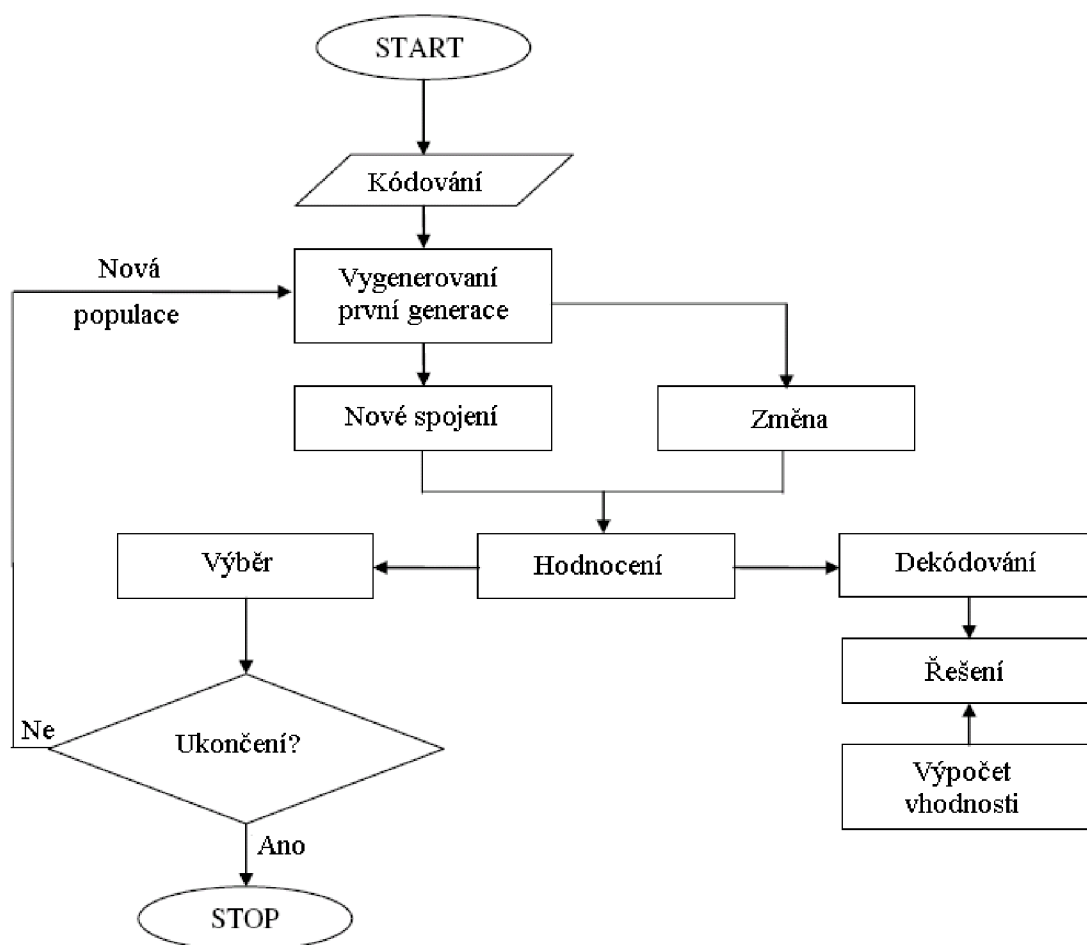
Operátor křížení náhodně vybere dva jednotlivce jako Rodiče a vymění část jejich genetické výbavy pro vytvoření dvou nových jednotlivců. V praxi jde při klasické metodě o aritmetický průměr.

Operátor mutace pouze náhodně vybere jednoho jedince z populace Rodičů a náhodně změní jeho hodnotu v chromozómu (změna konkrétního symbolu v chromozomu) a dá ho do obyvatelstva Dítě. V praxi to spočívá v přičtení náhodného vektoru ke genu (konkrétní symbol v chromozómu), přičemž onen náhodný vektor má nejčastěji normální rozdělení, tím je zaručen posun o relativně malý díl.

Oba operátory (křížení, mutace) poměru by měly být pečlivě přizpůsobeny ke zlepšení vyhledávacího výkonu, to znamená, že každá nová generace by měla

přinášet lepší řešení. Nově vygenerované obyvatelstvo Dítě se stává obyvatelstvem Rodič pro další generaci a podstoupí stejný postup znovu.

V praxi se potom simuluje tím způsobem, že na konci každého cyklu (simulační krok) se zruší celá stará populace a vytvoří se nová na jejím podkladu, nebo se nechá zrušit jen část populace (nejlépe tu nejméně úspěšnou) a její místo se využije k množení zbytku. [15]



Obrázek 8: Vývojový diagram znázorňující proces GA

Základní kroky GA:

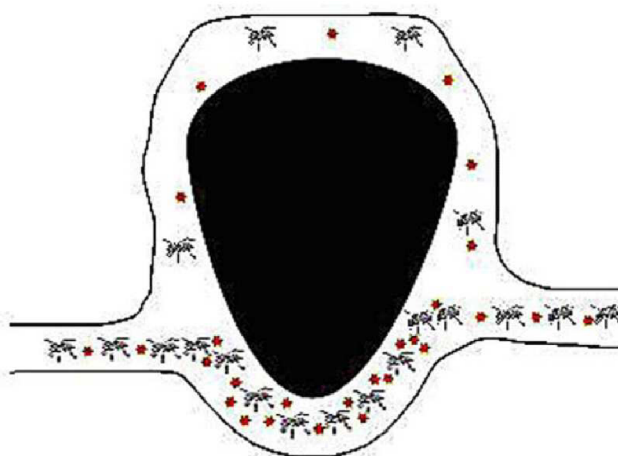
1. Vygenerování počátečního obyvatelstva.
2. Zhodnocení Fitness všech jednotlivců (chromozómů) v obyvatelstvu.
3. Opakování následujících kroků do té doby, než se dosáhne uspokojivého řešení:
 - a. Vybraní Rodičů z obyvatelstva podle výběrového schématu.

- b. Vytvoření Děti (nový jednatel) z vybraných Rodičů pomocí operátoru křížení.
- c. Mutování části jednatelů (s nižší hodnotou vhodnosti) z obyvatelstva.
- d. Vytvořit další generaci s potomstvem.
- e. Zhodnotit vhodnost všech chromozómů v novém obyvatelstvu.

Ukončení algoritmu je dáno dosažením uspokojivého řešení, což znamená, že se rozdíl mezi hodnotami Fitness nejlepších jednatelů za poslední cykly změnil jen o malou hodnotu, nebo po pevně zadaném počtu iterací (bez ohledu na dosaženou přesnost). [18]

3.1.3 ACO (Ant Colony Optimization)

Ant Colony Optimization (Mravenčí kolonie) je heuristická metoda inspirovaná chováním skutečných mravenčích kolonií a jejich schopností kolektivně řešit problém. ACO se používá pro řešení nespojitého optimalizačního problému.



Obrázek 9: Feromonová stopa mravenců (naznačeno jako červené tečky) a jejich vyznačení nejkratší cesty.

Systém získávání potravy v mravenčí kolonii koordinuje stovky tisíc jedinců a pokrývá tisíce čtverečních metrů. Mravenci při svém pohybu od hnízda ke zdroji potravy a zpět, zanechávají na své cestě chemickou látku zvanou feromon. V případě, že je více možných cest k potravě (viz.: Obrázek 9), každý mravenec zanechá stejné množství feromonu na každém kroku bez ohledu na zvolenou cestu (menší koncentrace feromonu nastane během času). Ve stejném čase, mravenci zanechají vyšší koncentraci feromonu na kratší cestě, protože za stejnou dobu projdou cestu

víckrát. Ostatní mravenci tak využívají velikost koncentrace feromonu k určení nejkratší cesty ke zdroji potravy, to jim dává schopnost rychlejšího sběru potravy. [40]

V praktickém využití je ACO aplikací jednoduchých pravidel, jimiž se řídí jednotliví jedinci, vzniká komplexní chování celku, schopné řešit složité optimalizační úlohy.

3.1.4 PSO (Particle swarm optimization)

Particle swarm optimization (Částicová rojová optimalizace) je jednou z nejnovějších evolučních optimalizačních technik se stochastickým přístupem, založená na chování populace.

PSO je inspirována vzájemným sociálním působením a komunikací v hejně ptáků nebo ryb. V těchto skupinách je vždy vůdce (jednotlivec s nejlepším hodnocením), který řídí pohyb celého hejna. Pohyb každého jednotlivce je založený na vůdci a na jeho vlastních znalostech. Celkově může být řečeno, že model PSO předpokládá, že chování každého jednotlivce je kompromis mezi jeho jednotlivou pamětí a soubornou pamětí.

Schéma popisuje algoritmus ve zjednodušené podobě:

1. Nastavení počátečních hodnot populace s náhodnými hodnotami pozice (to jest řešení) a rychlost (to jest změna vzoru/modelu řešení). Za optimální počáteční pozici je považována nejlepší pozice z celé skupiny.
2. Každý prvek systému zná svoji pozici a hodnotu účelové funkce pro tu pozici. Také si pamatuje vlastní nejlepší předchozí pozici a odpovídající hodnotu účelové funkce.
3. Je proveden výpočet vhodnosti všech prvků a to sice vypočítání hodnoty účelové funkce pro každý prvek systému;
4. Porovnání hodnoty vhodnosti každého prvku s jeho vlastní historickou nejlepší pozicí $p_{i,t}$, jestliže jeho vlastní historická nejlepší pozice $p_{i,t}$ je menší, pak ji nahradit nynější hodnotou;
5. Porovnání nejlepší momentální polohy všech jednotlivců s historickou nejlepší pozicí celé skupiny $p_{\psi,t}$, jestliže je historická nejlepší pozice $p_{\psi,t}$ celé skupiny menší pak ji nahradit momentální polohou všech prvků
6. Obnovení pozice a rychlosti všech prvků dle níže uvedených rovnic

$$v_{i,t+1} = c_1 v_{i,t} + c_2 (p_{i,t} - x_{i,t}) + c_3 (p_{\psi,i,t} + x_{i,t})$$

$$x_{i,t+1} = x_{i,t} + v_{i,t+1}$$

Proměnné:

$x_{i,t}$... pozice prvku i v iteraci t (ekvivalent jednoho řešení problému);

$v_{i,t}$... rychlost prvku i v iteraci t (ekvivalent ke změně vzoru řešení);

$p_{i,t}$... nejlepší předchozí pozice prvku i v iteraci t (zapamatovaný každým prvkem);

7. Posouzení zda je kritérium pro ukončení naplněno, jestliže "ano" potom ukončení iterace; jestliže "ne" potom návrat ke kroku (3). Kritérium pro ukončení může být zadáno jako počet iterací, hodnota vhodnosti jednotlivců či nemožností dosažení optimálního řešení. [22]

PSO má širokou použitelnost, většina z jeho aplikací se soustřeďuje na optimalizaci funkcí, je taktéž aplikován na kombinatorické optimalizační problémy.

3.1.5 The Bees Algorithm

Bees algoritmus je nový postup inspirovaný chováním včel ve volné přírodě. V základním provedení algoritmus prozkoumává daný prostor pomocí náhodného hledání, a může být použit jak pro kombinatorickou optimalizaci, tak pro funkční optimalizaci. Tato práce se zaměřuje na druhý problém.

Základní princip algoritmu:

Včely v přírodě

Včelstvo je schopno se za účelem sbírání pylu rozprostřít různými směry do velmi velkých vzdáleností (až 10 km), a tím využít více zdrojů potravy. Na základě rozmístění včel dělnic, se včelstvu daří soustředit na kvalitní pylové oblasti. Základním principem je, že úrodná pole s množstvím pylu, který může být nasbírán s menším úsilím, jsou navštěvovány více včelami, zatímco místa s méně pylem navštíví méně včel.

Proces začíná vysláním nejzdatnějších včel k prohledání okolí. Trubci se při hledání pohybují po okolí náhodně. Po návratu do úlu vyjadřují tancem tři základní údaje: kvalitu, směr a vzdálenost pole. Všechny znalosti o vnějším prostředí

pocházejí pouze z tohoto tance (tedy ze tří parametrů), který současně umožňuje včelstvu ohodnotit vhodnost různých míst podle kvality pylu a energie potřebné ke sběru. Poté letí trubci na pole společně se včelami dělnicemi, které doposud čekaly v úlu. Více včel je vysláno na místa s předpokládanou vyšší kvalitou. Toto umožňuje včelstvu shromáždit pyl rychle a efektivně.

Proces prozkoumávání terénu se stále opakuje, takže informace o místech jsou stále aktuální a včely jsou dle nich vysílány na původní případně i na úplně nová místa. [38]

Navržený Bees algoritmus

Algoritmus začíná definováním místa k optimalizaci a vygenerováním populace (populací jsou míněny možné stavy systému), ze které se následně vyberou nejkvalitnější zástupci – tzv. klasifikátoři. Klasifikátoři jsou umístěni náhodně ve zkoumaném prostoru, a je jimi ohodnocena vhodnost navštívených míst. Poté následuje celkové posouzení a průzkum se soustředí především na nejperspektivnější oblasti. Tento krok se opakuje dokud není dosaženo dané kvalitativní kritérium.

1. Vytvoření populace s náhodnými hodnotami
2. Ohodnocení vhodnosti populace
3. Vybrání směrů pro průzkum
4. Poslání klasifikátorů na vybrané strany (více klasifikátorů je umístěno na nejlepší strany) a ohodnocení vhodnosti
5. Vybrání klasifikátoři s největší hodnotou vhodnosti
6. Přiřazení zbývajících klasifikátorů k náhodnému vyhledávání a ohodnocení jejich vhodnosti
7. V případě, že není naplněno kritérium zastavení, vytvoření nové populace a návrat na začátek algoritmu.

V kroku č. 3 jsou vybráni klasifikátoři s nejvyšší hodnotou vhodnosti a strany jimi navštívené jsou vybrány pro podrobnější prozkoumání jejich okolí. Ve čtvrtém a pátém kroku algoritmu se provádí hledání v okolí vybraných stran a přiřazuje se větší množství klasifikátorů pro hledání v nejlepších místech e. Směry, které klasifikátoři

navštíví, mohou být vybráni dle hodnoty vhodnosti. Eventuelně je tato hodnota využita pro učení pravděpodobnosti, že bude klasifikátor vybrán. Do blízkosti nejlepšího směru, směr slibuje nejlepší výsledky, je vysláno více klasifikátorů oproti ostatním oblastem, což představuje klíčovou operaci Včelího algoritmu.

V kroku č. 5 je pro každé místo vybrán pouze jeden klasifikátor s vysokou hodnotou vhodnosti k vytvoření další populace. V přírodě ovšem takovéto pravidlo není. Toto pravidlo slouží v algoritmu ke snížení počtu míst ke zkoumání. V kroku č. 6 jsou zbývající klasifikátoři náhodně přiřazené k novým místům.

Tyto kroky jsou opakovány, dokud není naplněno kritérium pro ukončení algoritmu.

V praxi je aplikace podstatně náročnější, než se zdá být v teorii. Je prakticky nemožné z jednoho vzorkování (jeden cyklus měření) vyhodnotit, kde je v oblasti optimum. Proto se měření musí opakovat, abychom našli uspokojivý výsledek. Cílem je ovšem provést co nejmenší počet opakování a získat co nejpřesnější výsledek.

Každé další měření a především umístění vzorků závisí na předchozích měřeních. Vzorky jsou s větší intenzitou umísťovány do míst s větší pravděpodobností optima.

3.1.6 Porovnání algoritmů Rojové inteligence

Předchozí algoritmy byly použity v šesti benchmarkingových funkcích a výsledky zaneseny do tabulky. Počet iterací v tabulce byl získán průměrem 100 nezávislých měření, kde byla dosáhnuta vždy 100% úspěšnost.

Tabulka 3: Srovnání metod

Název funkce	Počet iterací		
	GA	ACO	Bees
De Jong	10160	6000	49
Goldstein & Price	5662	5330	999
Branin	7325	1936	1657
Martin & Gaddy	2844	1688	526
Rosenblock	10212	6842	898
Hyper sphere	15468	22050	7113
Griewangk	200000	50000	1847

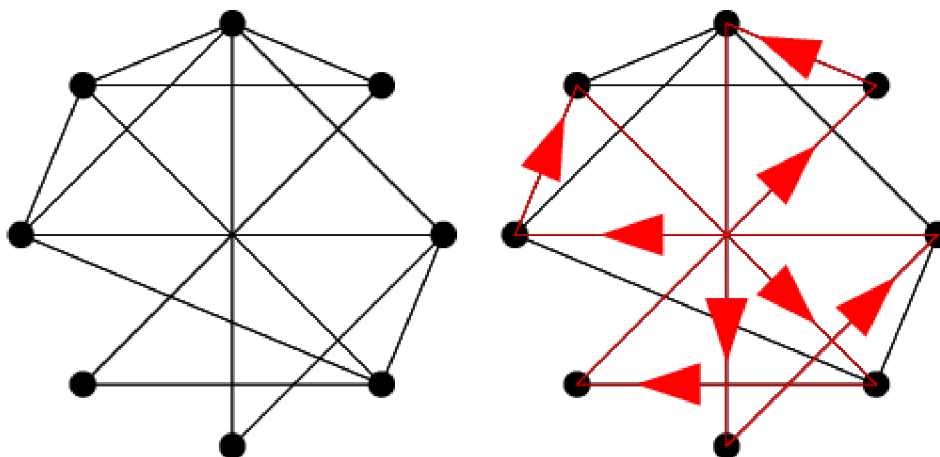
První De Jongova funkce pro kterou našel Včelí Algoritmus optimum stovvacetrkrát rychleji než ACO a 207 rychleji než GA s úspěšností 100%. Druhou funkcí je Goldstein & Price kde Včelí algoritmus dosáhl optimum pětkrát rychleji než ACO a GA taktéž se 100% úspěšností. Braninova funkce, kde Včelí algoritmus je o 15% rychlejší ve srovnání s ACO a 77% rychlejší oproti GA taktéž se 100% úspěšností. U modelu Hyper Sphere, který je šesti- dimenzionální, potřeboval Včelí algoritmus o polovinu méně iteraci oproti GA a pouze třetinu oproti ACO. Poslední funkce Griewangk je deseti-dimenzionální, kde Včelí algoritmus dosáhl optima desetkrát rychleji než GA a pětadvacetkrát rychleji než ACO, opětovně s úspěšností 100%. [39]

3.2 Aplikace algoritmů Rojové inteligence

Optimalizační algoritmy rojové inteligence se používají s úspěchem na logistické problémy, mezi nejtypičtější patří:

3.2.1 Problém obchodního cestujícího (The Traveling Salesman Problem)

Zde je dán počet míst a náklady na cestu mezi jednotlivými místy. Cílem je najít nejlevnější cestu mezi všemi místy a navrátit se do výchozího místa. Problém a jeho možné řešení jsou schematicky znázorněny na obrázku 10. Začátek může být v libovolném uzlu, poté se postupuje dle červených spojníc se šipkami, konec je, po projití všech míst, ve stejném uzlu jako začátek.

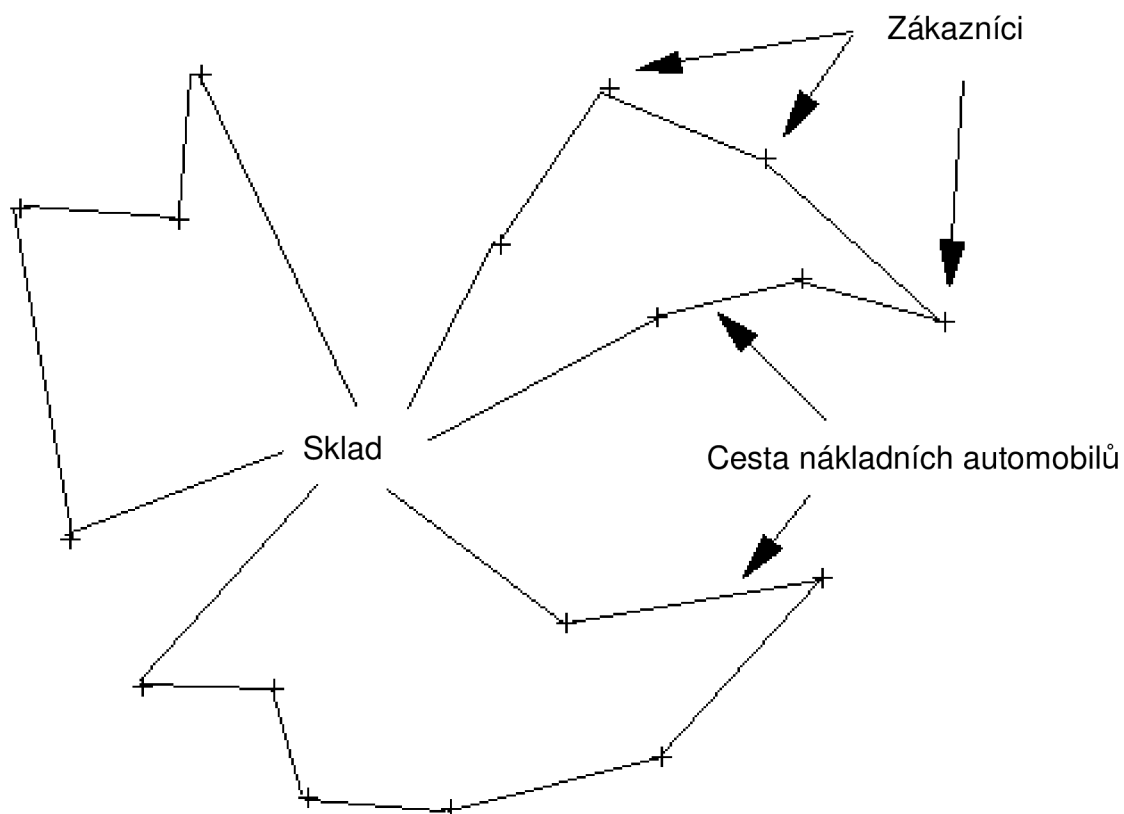


Obrázek 10: Schema Problému obchodního cestujícího

3.2.2 The Vehicle Routing Problem (VRP)

Zde se jedná o komplexnější problém, který se skládá z Problému obchodního cestujícího a The Bin Packing Problem (Problém nakládání krabic):

Je dána síť cest a nákladních automobilů pro jednotlivé sklady, ze kterých auta vyjíždějí a zásobují cílové zákazníky nebo místa. Cílem je obsloužit všechny zákazníky daným zbožím s minimálními náklady a vyjíždějíci vždy ze skladu. Na obrázku 11 můžete vidět příklad řešení VRP s jedním výchozím skladem.



Obrázek 11: Příklad výstupu VRP

VRP má mnoho variací, nejvíce se využívá pro svoje přiblížení reálnému stavu Vehicle Routing Problem with Time Windows (více v následující kapitole 3.2.3)

3.2.3 Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW)

Jedná se o VRP s dodatečným omezením spjatým s každým zákazníkem. Tak zvané Time Window (časové okno) je definovaný interval, ve kterém musí být zákazník obslužen. [2]

Faktory ovlivňující problém:

- nakládací a vykládací kapacita
- náklady na auto (můžeme mít různě velká auta)
- kolik automobilů můžeme nakládat/vykládat zároveň v jednom skladu
- doba nakládání
- kdy se má dojet k zákazníkovi (časové okno)
- maximální doba jízdy povolená pro jednoho řidiče

Informace o dodávce:

- místo skladu
- místo dodání
- nejdřívější možný den doručení (kdy je produkt hotov a zákazník je připraven si ho převzít)
- nejzazší možný den doručení

Informace o automobilu:

- velikost
- finanční náklady
- výchozí sklad (v případě, že máme větší počet skladů)

Informace o jednotlivých místech:

- otevírací hodiny
- kapacita nakládání (kolik automobilů může být zároveň nakládáno/vykládáno)
- vzdálenost mezi místy

Podmínky:

- dodávka musí být doručena mezi nejdřívějším a nejzazším možným dnem dodání
- dodávka musí být doručena v otevíracích hodinách (jinak se musí platit za čekací čas)

Cílem je minimalizovat:

- potřebné množství automobilů
 - dobu cesty automobilů
 - čekací čas
- a doručit zásilku v požadované době.

Vstupní data musí být před výpočtem prověřeny. Základní podmínky jsou následující:

- Počet míst musí být větší jak tři
- Doba přepravy mezi místy musí být větší jak nula $t_{ij} > 0$
- Náklady na přepravu mezi místy musí být větší než nula $c_{ij} > 0$

- Objem, váha nákladu musí být větší jak nula $q_t > 0$, $q_v > 0$
- Kapacita automobilu je větší než nula $Q_t > 0$, $Q_v > 0$
- Nakládací a vykládací čas musí být větší jak nula $t_L > 0$, $t_{un} > 0$
- Nejdřívejší den dodání musí být dříve než nejzazší možný den dodání $T_e < T_l$

3.2.4 Genetický algoritmus pro TPS a VRP

Tvar genetického algoritmu, který známe z předchozí kapitoly, není vhodný pro řešení problému obchodního cestujícího a VRP, proto musí být operátory křížení a mutace změněny aby vznikali odpovídající a funkční Děti.

Kdybychom použili klasické operátory, dostali bychom některé uzly (v našem případě místa) dvakrát a jiné zase vůbec.

Například, kdybychom použili operátor křížení na Rodičích 0, 1, 2, 3, 4, 5 a 0, 5, 4, 3, 2, 1, kde nula představuje sklad. Děti by vznikly vyměněním uzlů za náhodně zvoleným bodem (v našem případě například za třetím). Nově vzniklé děti by potom byly 1, 2, 3, 2, 1 a 0, 5, 4, 3, 4, 5. Jak vidíme, některé uzly jsou v Děti uvedeny dvakrát a některé zcela chybí, což je důvod, proč nemůže být GA v jeho základní formě použit.

K vytvoření plně funkčních Děti a Rodičů používáme speciální operátory křížení a mutace:

Operátor křížení pro VRP a TSP

Prvně jsou náhodně vybrány dva náhodné body na Rodiči 1

Na předchozím příkladě to bude vypadat tak, že vybereme například třetí a patou pozici. Vezmeme uzly mezi těmito body a vložíme je do dítěte. Zbývající body potom budou brány z rodiče dvě postupně, ovšem ty co už byli použity, jsou přeskočeny. Takže výsledné dítě bude vypadat 0, 5, 2, 3, 4, 1. Druhé dítě vznikne stejně, jen Rodiče budou přehozeni.

Operátor Mutace pro VRP a TSP

Tento operátor pracuje na základě přesunutí jednoho nebo dvou uzlů na jinou pozici. Na příklad u výše zmíněného Rodiče náhodně vybereme třetí uzel a přesuneme ho na pátou pozici a ostatní uzly posuneme. Poté vznikne Dítě 0, 1, 3, 4, 2, 5. [19]

3.2.5 Mravenčí kolonie pro řešení VRP

Základní princip postupu je popsán dvěma poměny:

- Blízkost n_{ij} – je inverze od vzdálenosti hran, je to statisticko-heuristická veličina, která se v daném případě nemění
- Feromonová stopa Δ_{ij} – mění se po celou dobu algoritmu

Při každém cyklu opakování klasifikátory (mravenci) začínají v každém uzlu grafu a vytváří n nových cest za využití nejbližšího souseda s modifikovaným měřením vzdálenosti.

Obě dvě veličiny jsou důležité pro výpočet veličin Průzkum a Využití:

- Průzkum obsahuje pravděpodobnostní výběr komponentů používaných k tvorbě řešení: větší pravděpodobnost je dána úsekům s vyšší feromonovou stopou.
- Využití - vybere komponent, který maximalizuje sloučení hodnoty feromonové dráhy a heuristického ohodnocení.

Během hledání nejkratší cesty m klasifikátory vytvoří paralelně m cest. Každý klasifikátor je náhodně přiřazen do počátečního uzlu jeho cesty a musí tvořit řešení uzel po uzlu, dokud neprojde všechny uzly a poté se navrátí do výchozího uzlu.

Když je klasifikátor umístěn v uzlu i vybírá si další uzel j pravděpodobnostně z množiny možných uzlů N_j^k (to znamená z uzlů, které zatím nenavštívil).

Feromonová stopa je aktualizovaná lokálně a globálně. Lokální aktualizace vzniká během tvorby jednotlivých řešení – dynamicky mění se vhodnost jednotlivých uzlů v řešení: pokaždé když projde klasifikátor uzlem je kvalita feromonové stopy připadající tomuto uzlu snížena a uzel se stává méně atraktivním pro ostatní klasifikátory.

Globální aktualizace je na konci iterace a používá se k zintenzivnění hledání nejlepšího řešení. Nejlepší řešení se používá k úpravě feromonové stopy uložené v matici feromonové stopy. Další klasifikátory budou využívat tuto informaci k tvorbě nových řešení v blízkosti této preferované cesty.

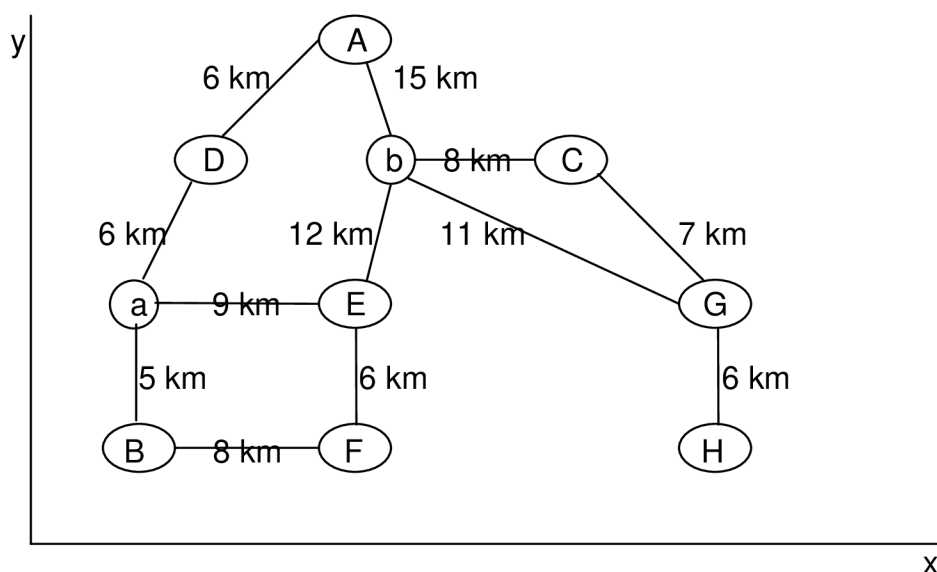
Jakmile každý klasifikátor dokončí jeho řešení, toto je pokusně zlepšované za použití lokálního vyhledávacího postupu. Nejlepší nalezené řešení od začátku výpočtu se využívá k aktualizaci feromonové stopy. Tento postup je opakován, dokud není naplněno jedno z následujících stop kriterií:

- Byl vygenerován daný počet řešení
- Byla dosažena maximální doba počítačového výpočtu
- Za daný počet opakování nebylo dosaženo žádného zlepšení

3.2.6 Dopravní síť a jeho matice

Dopravní síť je dána sítí, ve které jsou vzdálenosti $\{d_{ij}\}$ mezi jednotlivými objekty (místa, zákazníci, sklady) J' .

Prvně je nutné převést pozice zákazníků a skladů do zjednodušeného schématu (viz.:Obrázek 12) Vzdálenosti mohou být znázorněny jako délka cesty nebo časová vzdálenost mezi nimi (to znamená čas, za který je automobil schopný ujet cestu z jednoho uzlu do druhého). Další důležitou hodnotou může být technická dostupnost zákazníka či skladu, která záleží na tom, zda je automobil s jeho hmotností a velikostí schopen projet všemi částmi plánované cesty. V případě, že chceme vzít v úvahu také technickou dostupnost, musíme mít informace ne pouze o automobilu, ale také o cestě a místech zákazníků a skladů.



Obrázek 12: Příklad schématu dopravní sítě

Na základě tohoto schématu je tvořena matice vzdáleností, která je zobrazena v tabulce 4.

Tabulka 4: Matice vzdáleností

	A	B	C	F	E	G	H	D
A	0	17	23	25	21	26	32	6
B	17	0	34	8	14	37	43	11
C	23	34	0	26	20	7	13	29
F	25	8	26	0	6	29	35	19
E	21	14	20	6	0	23	29	15
G	26	37	7	29	23	0	6	32
H	32	43	13	35	29	6	0	38
D	6	11	29	19	15	32	38	0

V matici mohou být pouze uzly, kde jsou zákazníci či sklady. [21]

3.2.7 Další možné využití Rojové inteligence

V této kapitole jsou zmíněná další možná praktická využití Genetických algoritmů ve spojení s VRP a TSP:

Plánování tisku

Jedno z primárních využití je plánování tisku časopisů. Potisk je prováděn pěti páry válců, mezi kterými prochází papír a současně je potištěn. K tisku jsou používány tři druhy formy (4-, 6-, a 8- stránkové). Plánování se skládá z rozhodnutí, která forma bude na kterém běhu a jaká bude jeho délka. Při porovnání s VRP, náklady na změnu formy představují náklady mezi místy.

Další využití je pro vytváření harmonogramu tisku předtištěných samostatně vložených reklamních letáků do novin. V tomto případě se řeší doručení letáku samostatně či do novin a jejich distribuce do různých regionů. Každý region obdrží stejnou sadu letáků. Při porovnání s problémem obchodního cestujícího, region odpovídá místům a každá výrobní linka odpovídá obchodníkovi. [20]

Úkolové plánování

Úkolové plánování obecně vyvstává v souvislosti s autonomními mobilními roboty, kde různorodost aplikací zahrnuje například: vojenský průzkum terénu, automatizaci ve skladech a automatizaci na poštách. Úkolové plánování se sestává z určování optimální cesty pro každého robota, tak aby robot dosáhl vytyčených cílů za co nejkratší čas. Úkolové plánování počítá s n roboty, m cíly, které musí být navštívené nějakým robotem, a základní místo, do kterého se všechny roboty budou muset nakonec vrátit.

Plánování válcování za tepla

V ocelárnách a válcovnách musí být zakázky plánovány na válcovací trať pro pásovou ocel pro jednotlivé směny tak, že celkové změny v nastavení jsou minimalizované a s nimi i související náklady na výrobu.

V tomto jsou objednávky ekvivalentem pro místa a vzdálenost mezi dvěma místy odpovídá nárůstu ceny při změně výroby mezi dvěma objednávkami. Řešením modelu bude kompletní rozvrh pro válcovací trať na pásovou ocel.

4 Kvalitativní hodnocení sociotechnického systému

Jak jsme si mohli všimnout v minulé kapitole, u algoritmů rojové inteligence bývá problémem, že vyžadují přesné kvantitativní informace. U mnoha veličin je ovšem získání takových informací takřka nemožné. Například veličiny jako kvalita, motivovanost zaměstnance, technická pokročilost jdou velmi špatně kvantitativně ohodnotit. Proto na řešení těchto problémů použijeme Kvalitativní modelování, které vyžaduje méně přesných (kvantitativních) informací o zkoumaném modelu. Jestliže nejsme schopni vytvořit model ani na kvalitativní úrovni, tak na kvantitativní úrovni je predikce v podstatě neřešitelná.

Kvalitativní modelování proto rozeznává jen tři možné hodnoty, a to kladná, nulová a záporná. Takto koncipovaný aparát je dostatečný pro popis trendů v časových řadách. Pro interpretaci výsledků využijeme nástroje z matematické oblasti teorie grafů.

4.1 Kvalitativní modelování

Důležitým znakem kvalitativního uvažování (Common Sense – selská logika) je přechod k novému oboru proměnných [4]. V běžném životě se setkáváme se situacemi, které nás nutí úspěšně řešit problémy, které lze formálním způsobem vyjádřit pomocí diferenciálních rovnic. Kvalitativní modelování je výsledkem snahy zformulovat pravidla a odvozovací mechanismus pro takovéto každodenní uvažování.

Metodologie vytvoření kvalitativního modelu závisí v první řadě na dostupnosti matematického modelu konvenčního. Typickou situací je, že kvantitativní model je znám jen částečně a numerické konstanty jsou určeny jen přibližně. Pro konstrukci kvalitativního modelu však lze téměř vždy inženýrskou analýzou problému sestavit alespoň výchozí rovnice.

Základní výhoda kvalitativní analýzy je její numerická orientace, množina řešení je tedy vždy nadmnožina inženýrsky rozumných řešení. To znamená, že nic „rozumného“ nemůže být přehlédnuto, například při optimalizaci, za předpokladu, že je k dispozici kvalitativní model.

Využití kvalitativního modelování chaotického modelu určí nadmnožinu všech scénářů kvantitativního modelu. Jinak řečeno náš vymodelovaný kvalitativní model představuje obecný model kvantitativního modelu. Podotkněme, že řešením kvalitativního modelu získáme i výsledky, které pak již nelze kvantitativní úrovni dosáhnout, ale i tak se jedná o dobrý nástroj jak určit možné obecné chování zkoumaného systému. Kvalitativní modelování nevylučuje kvantitativní přístupy. Kvantitativní metody mohou být vhodně využity pro testování kvalitativních výsledků. [36] [37]

4.1.1 Princip kvalitativního popisu

Ke kvalitativnímu popisu zkoumaných jevů přistupujeme tehdy, pokud nechceme (nebo neumíme) analyticky přesně popsat vztahy mezi proměnnými veličinami popisovaných dějů [8].

Znakem kvalitativní uvažování je přechod k novému oboru proměnných. Místo reálných čísel typických pro konvenční kvantitativní popis se oborem hodnot stává konečná a uspořádaná množina hodnot, která umožňuje kvalitativně charakterizovat aktuální hodnotu kvantitativní proměnné relativně vůči jejím významným hodnotám.

Kvantitativní hodnota proměnné je pak dána údajem o velikosti hodnoty charakterizující polohu aktuální hodnoty proměnné vůči významným mezním hodnotám a údaji o vývojové tendenci proměnné.

Čas je reprezentován uspořádanou množinou symbolů odpovídající významným okamžikům.

Kvalitativní průběh proměnné v čase je funkce, která přiřazuje významným okamžikům a intervalům mezi nimi kvalitativní hodnoty.

Chování soustavy (kvalitativního modelu) je vyjádřeno pomocí formulí (kvalitativních rovnic) vytvořených z množiny kvalitativních proměnných a kvalitativních vazeb. Vazby jsou relace definované na kvalitativních hodnotách tak, aby co nejpřesněji popisovaly běžné aritmetické operace, vztahy derivací, rovností a nerovností. Zde je třeba zdůraznit, že na rozdíl od kvantitativního popisu, kde jsou vazby funkcemi, jde v případě kvalitativních vazeb o relace, neboť výsledek aplikace kvalitativní operace

na kvalitativní hodnoty nelze určit vždy jednoznačně (např. operace kvalitativní sčítání). V této nejednoznačnosti spočívají některé obtíže kvalitativních simulací.

Kvalitativní simulace systému spočívá v odvození kvalitativního průběhu jeho proměnných ze soustavy kvalitativních rovnic, které systém charakterizují a z kvalitativních hodnot nezávisle proměnných ve zvoleném časovém okamžiku. [25]

4.1.2 Kvalitativní algebra

Předpokládejme, že oborem hodnot n kvalitativních proměnných,

$$X_1, X_2, \dots, X_n, \quad (13)$$

je množina tří možných kvalitativních hodnot:

- **Kladná** (rostoucí, +)
- **Nulová** (konstantní, 0)
- **Záporná** (klesající, -)

Kvalitativním modelem pak nazveme soustavu kvalitativních rovnic. Kvalitativní scénář kvalitativního modelu je specifikovaný pomocí všech n kvalitativních proměnných:

$$X_1, X_2, \dots, X_n, \quad (14)$$

které jsou popsány pomocí korespondujících kvalitativních tripletů:

$$(X_1, DX_1, DDX_1), (X_2, DX_2, DDX_2), \dots (X_n, DX_n, DDX_n), \quad (15)$$

kde DX_i a DDX_i jsou první a druhá derivace proměnné X_i vzhledem k nezávislé proměnné t (což bývá většinou čas). Množina odpovídajících n tripletů pak udává kvalitativní stav modelu ve zvoleném časovém okamžiku.

Řešením modelu (množina scénářů) pak nazveme množinu všech možných scénářů.

$$(X_1, DX_1, DDX_1), (X_2, DX_2, DDX_2), \dots (X_n, DX_n, DDX_n)_j, \quad (16)$$

kde $j = 1, 2, \dots, m$.

Jednoduchý algoritmus dokáže vypočítat všechny možné přechody mezi množinou jednodimenzionálních scénářů $n = 1$ (viz.: (16)).

Jednodimenzionální přechody jsou založeny na seznamu možných jednodimenzionálních přechodů, viz: Tabulka 5: Multidimenzionální přechody musí splňovat tabulka 5 pro n jednodimenzionálních přechodů. Pro grafickou reprezentaci množiny všech přechodů se využívá obvykle orientovaný graf.

Tabulka 5: Seznam možných jednodimenzionálních přechodů (přechodová pravidla), [20]

	From		To	Or	Or	Or	Or	Or	Or
1	+++	→	++0						
2	++0	→	+++	++-					
3	++-	→	++0	+0-	+00				
4	+0+	→	+++						
5	+00	→	+++	+--					
6	+0-	→	+--						
7	+--	→	+--0	+0+	+00	0-+	00+	000	0-0
8	+--0	→	+--	+--	0-0				
9	+--	→	+--0	0--	0-0				
10	0++	→	++0	++-	+++				
11	0+0	→	++0	++-	+++				
12	0+-	→	++-						
13	00+	→	+++						
14	000	→	+++	---					
15	00-	→	---						
16	0-+	→	---						
17	0-0	→	--0	---+	---				
18	0--	→	--0	---+	---				
19	-++	→	-+0	0++	0+0				
20	-+0	→	-+-	-++	0+0				
21	-+-	→	-+0	-0-	-00	0+-	00-	000	0+0
22	-0+	→	-++						
23	-00	→	-++	---					
24	-0-	→	---						
25	--+	→	--0	-0+	-00				
26	--0	→	---	---+					
27	---	→	--0						

4.1.3 Kvalitativní operace

Kvalitativní operace sčítání

Operace kvalitativního sčítání, viz Tabulka 6(a):

$$X_i + X_j = X_s$$

(17)

Kvalitativní analýza je mnohdy nejednoznačná. Je možné najít více než jednu kvalitativní hodnotu. Typickým příkladem toho může být kvalitativní operace sčítání. Otazník v tabulce 6 (a) nám ukazuje případ, kdy je nemožné určit znaménko výsledku:

$$(X_{i=+}) + (X_{j=-}) = (X_{s=?}) \quad (18)$$

Proto kvalitativní model inženýrského problému, který obsahuje mnohokrát operaci sčítání, může generovat mnoho kvalitativních scénářů. Kvalitativní derivace sumy kvalitativních proměnných je suma jejich kvalitativních derivací:

$$DX_i + DX_j = DX_s \quad (19)$$

$$DDX_i + DDX_j = DDX_s \quad (20)$$

Tabulka 6: Kvalitativní sčítání (a), kvalitativní násobení (b), [20]

a) +	X_j				b) *	X_j			
		+	o	-			+	o	-
X_i	+	+	+	?	X_i	+	+	o	-
	o	+	o	-		o	o	o	o
	-	?	-	-		-	-	o	+

Kvalitativní operace násobení

Operace kvalitativního násobení (viz. Tabulka 6 (b))

$$X_i * X_j = X_s \quad (21)$$

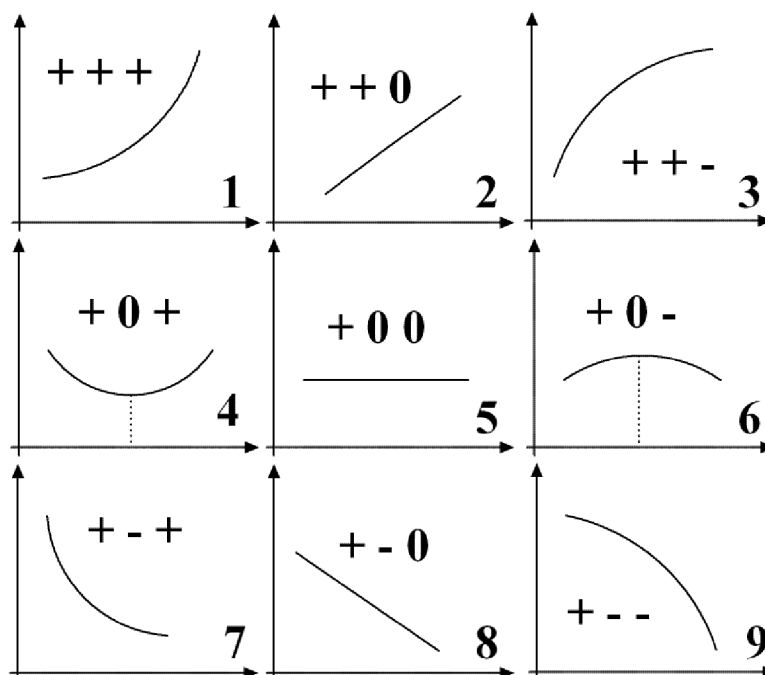
Kvalitativní derivace součinu se řídí:

$$X_i * DX_j + X_j * DX_i = DX_s \quad (22)$$

Druhá kvalitativní derivace X_s se považuje za neznámou, protože vyžaduje příliš mnoho operací sčítání.

4.2 Vlastní přepis na posloupnost tripletů

Na následujícím obrázku 13 jsou graficky zobrazeny všechny možné kombinace kladných tripletů.



Obrázek 13: Kvalitativní tripletů – kladné

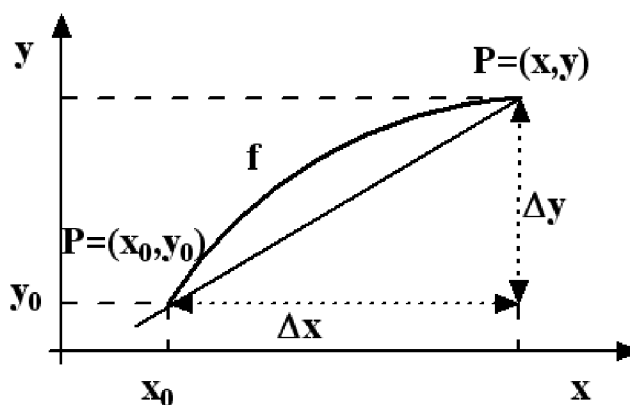
Jestliže získáme trendovou křivku popisující vztah mezi dvěma veličinami, můžeme přejít k vlastnímu přepisu ještě pořád kvantitativní trendové křivky na kvalitativní posloupnost tripletů. Tento přepis může být buďto ruční nebo automatizovaný pomocí počítače.

Následující vzorce a obrázek 14 představují základní myšlenku numerického výpočtu první a druhé derivace.

Derivace funkce f v bodě x_0 , kterou označujeme $f'(x_0)$, je definovaná [7]:

$$f'(x_0) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{\Delta x}$$

Ilustrace problematiky je zobrazena na obrázku 14.



Obrázek 14: Ilustrační obrázek k derivaci funkce

Pro nás nejdůležitější je poznatek o znaménkách derivace [7]

Je-li

$f'(x_0) > 0 \dots f$ rostoucí v bodě x_0

$f'(x_0) < 0 \dots f$ klesající v bodě x_0

Rostoucí/klesající znamená:

$f(x_0 + \Delta x) > f(x_0) \dots f$ rostoucí

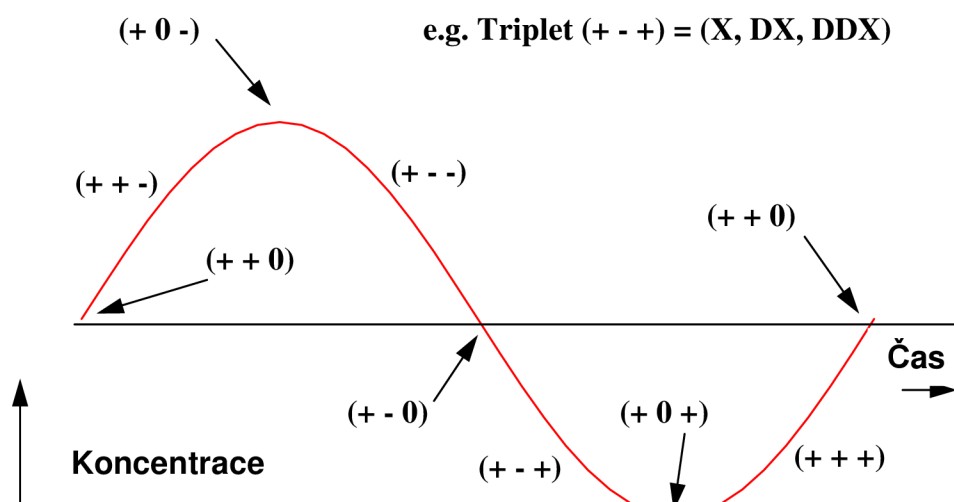
$f(x_0 + \Delta x) < f(x_0) \dots f$ klesající

V případě vzorkovaných dat, která jsou od sebe vzdáleny jednotku, Δx nabývá vždy hodnoty 1.

Druhá derivace funkce f v bodě x_0 se definuje obdobně [9]:

$$f''(x_0) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f'(x_0 + \Delta x) - f'(x_0)}{\Delta x}$$

Na základě těchto poznatků lze jednoduše vyvodit, že pro rovnoměrně vzorkovaná data lze využít pro výpočet první a druhé derivace následující zákonitosti/vzorce pro přepis časové řady na posloupnost kvalitativních tripletů:



Obrázek 15: Kvalitativní triplety

Hodnota funkce

$$f(x_i) = y_i,$$

kde

$$f(x_i) > 0 \dots triplet (+, \quad, \quad)$$

$$f(x_i) = 0 \dots triplet (0, \quad, \quad)$$

$$f(x_i) < 0 \dots triplet (-, \quad, \quad)$$

Výpočet první derivace

$$f'(x_i) = f(x_{i+1}) - f(x_i) = y_{i+1} - y_i,$$

kde

$$f'(x_i) > 0 \dots triplet (\quad, +, \quad)$$

$$f'(x_i) = 0 \dots triplet (\quad, 0, \quad)$$

$$f'(x_i) < 0 \dots triplet (\quad, -, \quad)$$

Výpočet druhé derivace

$$f''(x_i) = f'(x_{i+1}) - f'(x_i) = (y_{i+2} - y_{i+1}) - (y_{i+1} - y_i),$$

kde

$$f''(x_i) > 0 \dots \text{triplet} (\quad , \quad , +)$$

$$f''(x_i) = 0 \dots \text{triplet} (\quad , \quad , 0)$$

$$f''(x_i) < 0 \dots \text{triplet} (\quad , \quad , -)$$

Ilustrační výpočet si předvedeme na situaci zobrazené na obrázku 16 pro body x_i a x_j .

Výpočet tripletu pro bod x_i

Hodnotu v bodě x_i určíme pouhým zjištěním znaménka příslušné hodnoty závislé proměnné y_i .

$$f(x_i) = 2 \Rightarrow (+ , \quad , \quad)$$

Hodnotu první derivace v bodě x_i určíme ze znaménka rozdílu y_{i+1} a y_i .

$$f'(x_i) = 1.5 - 2 = -0.5 \Rightarrow (\quad , - , \quad)$$

Hodnotu druhé derivace v bodě x_i určíme ze znaménka rozdílu hodnot prvních derivací v bodě x_{i+1} a x_i .

$$f''(x_i) = (1.2 - 1.5) - (1.5 - 2) = (-0.3) - (-0.5) = 0.2 \Rightarrow (\quad , \quad , +)$$

Souhrnně tedy triplet v bodě x_i můžeme zapsat ve tvaru (+, -, +).

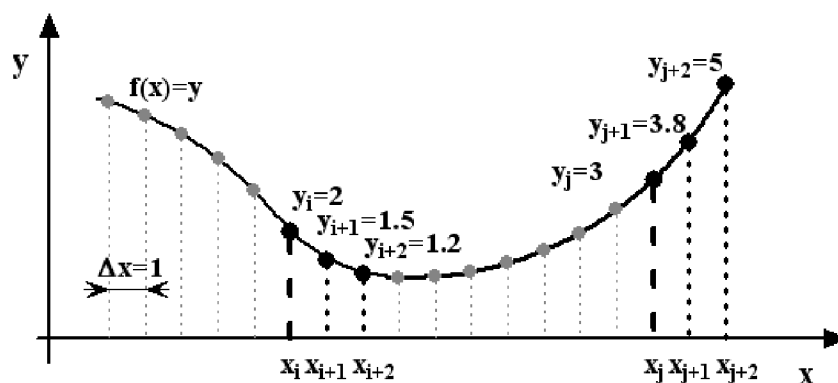
Výpočet tripletu pro bod x_j

$$f(x_j) = 3 \Rightarrow (+ , \quad , \quad)$$

$$f'(x_j) = 3.8 - 3 = +0.8 \Rightarrow (\quad , + , \quad)$$

$$f''(x_j) = (5 - 3.8) - (3.8 - 3) = (1.2) - (0.8) = 0.4 \Rightarrow (\quad , \quad , +)$$

Triplet v bodě x_j zapíšeme ve tvaru (+, +, +).



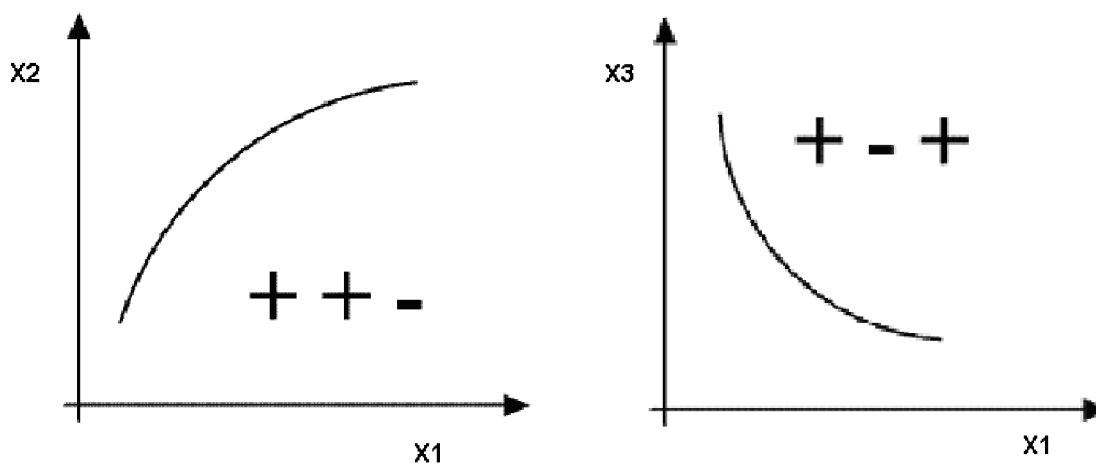
Obrázek 16: Demonstrace výpočtu první a druhé derivace v bodě

Uvedené výpočty lze algoritmizovat ve zvoleném programovacím jazyku. Praktické využití algoritmizace je popsáno v nadcházející kapitole.

4.3 Aplikace kvalitativního modelování

4.3.1 Ilustrační příklad pro kvalitativní modelování

Uvažujme tři proměnné X_1 , X_2 a X_3 , mezi kterými byly zjištěny vzájemné kvalitativní vztahy a jsou zobrazeny na obrázku 17.



Obrázek 17: Ilustrační model

Pomocí programu vygenerujeme možné scénáře a výsledkem jsou triplety pro jednotlivé proměnné. Grafické znázornění tripletů se nachází na obrázku: Kvalitativní triplety – kladné.

Kvalitativní vztahy proměnných:

Scénáře	X1	X2	X3
1	+++	+++	+-
2	+++	++0	+-
3	+++	+-	+-
4	+-	+-	+-
5	+0+	+0+	+0-
6	+00	+00	+00
7	+0-	+0-	+0+
8	+-	+-	+-
9	+-	+0	+-
10	+-	+-	+-
11	+-	+-	+++

Pro tento model by byl nejlepším výsledkem scénář, kde $X1$ klesá, $X2$ roste a $X3$ také roste. Takový scénář ovšem neexistuje, je tedy nutno volit kompromisní variantu.

Tabulka 7: Zjednodušená tabulka přechodových pravidel

Triplet	Z		Do		
1	+++	→	++0		
2	++0	→	+++	+-	
3	+-	→	++0	+0-	+00
4	+0+	→	+++		
5	+00	→	+++	+-	
6	+0-	→	+-		
7	+-	→	+0-	+0+	+00
8	+0-	→	+-	+-	
9	+-	→	+0-		

Pro vlastní výpočet potřebujeme tabulku přechodových pravidel, protože proměnné $X1$, $X2$ a $X3$ jsou vždy kladné, můžeme si tabulku zjednodušit na zjednodušenou tabulku přechodových pravidel.

Výpočet přechodů pro první scénář: ($X1=(+,+,+)$, $X2=(+,+,+)$, $X3=(+,-,-)$):

Triplet $X1 (+,+,+)$ může přejít, dle tabulky 7, jen do tripletů $(+,+,+)$ nebo $(+,+,0)$.

Triplet $X2 (+,+,+)$ může přejít, tak jako předchozí triplet, jen do tripletů $(+,+,+)$ nebo $(+,+,0)$.

Triplet $X3 (+,-,-)$ může přejít jen do tripletů $(+,-,-)$ nebo $(+,-,0)$.

Když se podíváme zpět do tabulky 7, vidíme, že model ze scénáře 1 může přejít jen do scénáře 2.

Výpočet přechodů pro druhý scénář ($A=(+,+,+)$, $B=(+,+,0)$, $C=(+,-,-)$):

Triplet $A (+,+,+)$ může přejít jen do tripletů $(+ + 0)$ a $(+ + +)$.

Triplet $B (+,+,0)$ může přejít jen do tripletů $(+ + 0)$, $(+ + +)$, $(+ + -)$.

Triplet $C (+,-,-)$ může přejít jen do tripletů $(+ - 0)$ a $(+ - -)$.

Když se podíváme zpět do tabulky 7, vidíme, že model ze scénáře 2 může přejít zpět do scénáře 1 nebo do scénáře 3.

Stejný algoritmus se použije i pro ostatní scénáře, a tak dostaneme všech 16 přechodů.

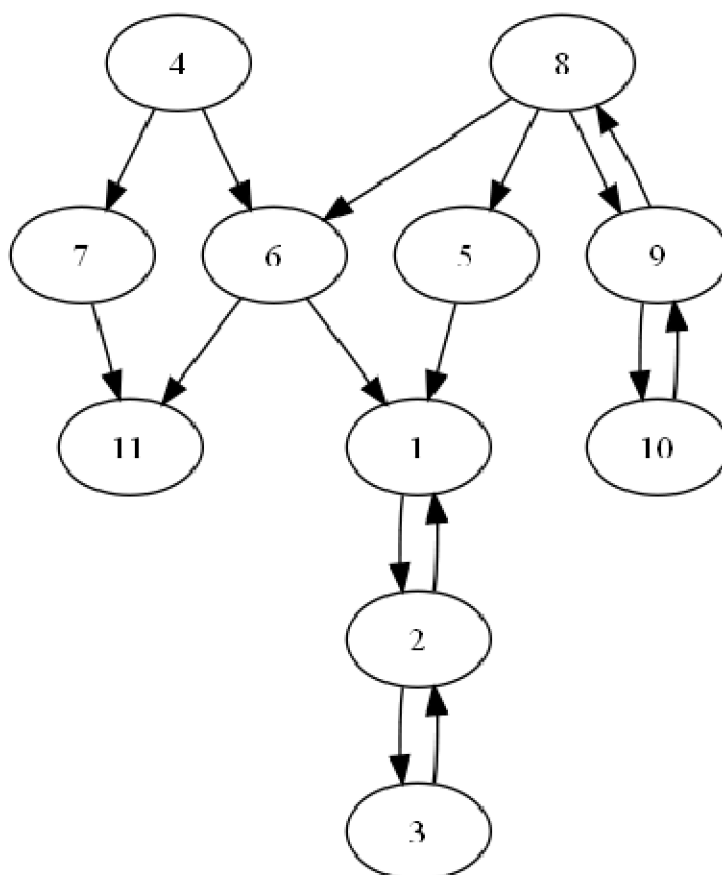
Součástí výpočtu je i tabulka přechodů, která ukazuje, mezi kterými scénáři se dá přejít (druhý a třetí sloupec) a kolik kroků je k tomu zapotřebí (čtvrtý sloupec).

Přechody:

A	1	2	1
A	2	1	1
A	2	3	1
A	3	2	1
D	4	6	3

B 4 7 3
B 5 1 3
D 6 1 3
D 6 11 3
B 7 11 3
B 8 5 3
D 8 6 3
A 8 9 1
A 9 8 1
A 9 10 1
A 10 9 1

Přechodová matice je graficky znázorněna na obrázku 18.



Obrázek 18: Grafické znázornění přechodové matice

4.3.2 Tvorba modelu

V našem případě se snažíme vytvořit model na základě analýzy reálného systému. Jedná se o problém z praxe, u něž se obvykle začíná měřit chování zkoumaného systému pod nějakými vnějšími vlivy (vstupy do systému). Snažíme se odpozorovat vztahy mezi nimi, bez nutnosti znát detaily toho, co se ve skutečnosti děje uvnitř systému.

V praxi si prvně určíme všechny faktory významně ovlivňující zkoumaný sociotechnický systém, a poté vztahy mezi nimi. Pro kvalitativní modelování není nutné vztahy mezi jednotlivými faktory popisovat složitými matematickými rovnicemi. Prvně se určuje, zda jednotlivé složky na sebe působí, eventuálně, jestli je mezi nimi přímá nebo nepřímá úměra. Poté se určuje mezi faktory, které na sebe působí, první derivace (viz.: Obrázek 13).

4.3.3 Ovlivňující faktory

Na základě reálného systému z praxe, který popisuje výrobní systém v průmyslovém podniku, byl vytvořen model s následujícími faktory:

Cena	X1
Kvalita	X2
Efektivnost	X3
Dělníci-znalost pracovního postupu	X4
Dělníci-svědomitost	X5
Dělníci-motivace	X6
Materiál-kvalita	X7
Materiál-krok, ve kterém byla případná nekvalita materiálu odhalena	X8
Materiál-cena	X9
Stroje-správné nastavení strojů	X10
Stroje-technická pokročilost	X11
Stroje-složitost obsluhy	X12
Prostředí-délka pracovní doby	X13
Prostředí-druh směny (čím pozdější směna)	X14
Prostředí-„atmosféra“	X15

Prostředí-pořádek na pracovišti	X16
Vedoucí-schopnost operativně řešit problémy	X17
Vedoucí-znalost pracovních postupů	X18
Vedoucí-motivace	X19

Jednotlivé proměnné lze charakterizovat následujícími definicemi:

Cena je směnná hodnota statku, služby, tj. protihodnota potřebná pro získání zboží nebo služby ve směně. Obvykle se vyjadřuje peněžitou částkou, kterou je třeba při získání zboží (služeb) zaplatit za jednotku množství. [52]

Kvalita čili jakost je údaj o vlastnosti nějaké věci. V obchodu a marketingu dnes znamená praktické ocenění dobrého ("kvalitního") zboží nebo služby. [50]

Efektivnost vyjadřujeme praktickou účinnost lidské činnosti, nejčastěji pak lidské práce. Jinými slovy, jedná se o souhrnné vyjádření konkrétního účinku nějakého efektu nebo i vícera různých vzájemně působících efektů. [51]

Dělníci-znalost pracovního postupu – jde o kvalifikaci a vyškolení dělníků, kteří jsou na základě svých znalostí schopni vyrábět dané produkty.

Dělníci-svědomitost – zodpovědnost, se kterou dělníci vykonávají svoji práci.

Dělníci-motivace - motivace je psychický proces pracovníka vedoucí k energetizaci pro dosažení určitého cíle.

Stroje-správné nastavení strojů – k vyrobení požadovaných výrobků je zapotřebí správného nastavení strojů, které působí na výrobek.

Stroje-technická pokročilost – technické stáří strojů působících na výrobek

Stroje-složitost obsluhy – komplikovanost obsluhy stroje působícího na výrobek

Prostředí-délka pracovní doby – pracovní doba se může pohybovat od 4 do 24 hodin a s tím je spjatá únava a koncentrace na práci - směnný režim může být dvousměnný (2 x 12 hodin), třisměnný (3 x 8 hodin) či čtyřsměnný (4 x 6 hodin).

Prostředí-druh směny – jedná se o denní dobu, ve které směna začíná – například: ranní, odpolední, noční.

Prostředí-„atmosféra“ – je tvořena především vztahy mezi lidmi

Prostředí-pořádek na pracovišti – čistota, uklizenost a systém na pracovišti

Vedoucí-schopnost operativně řešit problémy – schopnost vedoucího/mistra pohotově reagovat na vzniklé problémy

Vedoucí-znalost pracovních postupů - jde o kvalifikaci a vyškolení a praxi vedoucích/mistrů, kteří jsou na základě svých znalostí schopni instruovat a zaškolovat pracovníky.

Vedoucí-motivace - motivace je psychický proces vedoucího/mistra vedoucí k energetizaci pro dosažení určitého cíle.

4.3.4 Kvalitativní model faktorů

V minulé kapitole jsme si vyjmenovali faktory ovlivňující sociotechnický systém. Nyní je potřeba určit vztahy mezi nimi navzájem. Problémem je, že ne každý vztah je vždy platný. Můžeme najít případy, kdy se proměnné několikrát za sebou chovají tak, jak očekáváme a jednou úplně jinak. Tento problém je nutné brát v úvahu, jakmile budeme dělat závěry ze získaných výsledků.

Tabulka 8: Kvalitativní model faktorů

	Cena	Kvalita	Efektivnost	Dělníci-znalost pracovního postupu	Dělníci-svědomitost	Dělníci-motivace	Materiál-kvalita	Materiál-krok ve kterém byla případná nekvalita materiálu odhalena	Materiál-cena	Stroje-správné nastavení strojů	Stroje-technická pokročilost	Stroje-složité obsluhy	Prostředí-délka pracovní doby	Prostředí-druh směny	Prostředí-„atmosféra“	Prostředí-pořádek na pracovišti	Vedoucí-schopnost operativně řešit problémy	Vedoucí-znalost pracovních postupů	Vedoucí-motivace
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19
X1	-																		
X2	P	-																	
X3	NEP	X	-																
X4	NEP	P	P	-															
X5	NEP	P	P	P	-														
X6	NEP	P	P	P	P	-													
X7	P	P	P	X	P	P	-												
X8	P	X	NEP	NEP	NEP	NEP	NEP	-											
X9	P	P	X	X	P	X	P	X	-										
X10	NEP	P	P	P	P	P	X	X	X	-									
X11	NEP	P	P	X	X	P	X	NEP	X	P	-								
X12	P	X	NEP	P	X	X	X	P	X	NEP	X	-							
X13	X	NEP	NEP	X	X	NEP	X	P	X	NEP	X	X	-						
X14	X	NEP	NEP	X	NEP	NEP	X	P	X	NEP	X	X	X	-					
X15	X	P	P	P	P	P	P	NEP	X	P	P	X	NEP	NEP	-				
X16	X	P	P	P	P	P	X	NEP	X	P	X	X	NEP	NEP	P	-			
X17	X	P	P	P	P	P	X	X	X	P	X	X	X	NEP	P	P	-		
X18	NEP	P	P	P	P	P	X	NEP	X	P	X	P	X	X	P	P	X	-	
X19	X	P	P	P	P	P	P	NEP	P	P	P	X	NEP	NEP	P	P	X	X	-

Legenda:

P - přímá úměra (+)

NEP - nepřímá úměra (-)

X - nemá vztah

V tabulce 8 jsou vypsány všechny faktory a vztahy mezi nimi. Písmeno *X* značí, že mezi poměny není žádná vazba. Písmeno *P* znamená, že mezi poměny je přímá úměra a *NEP* znamená nepřímou úměru.

Tabulka je symetrická, proto jsou hodnoty uváděny jen jednou, pod hlavní diagonálou.

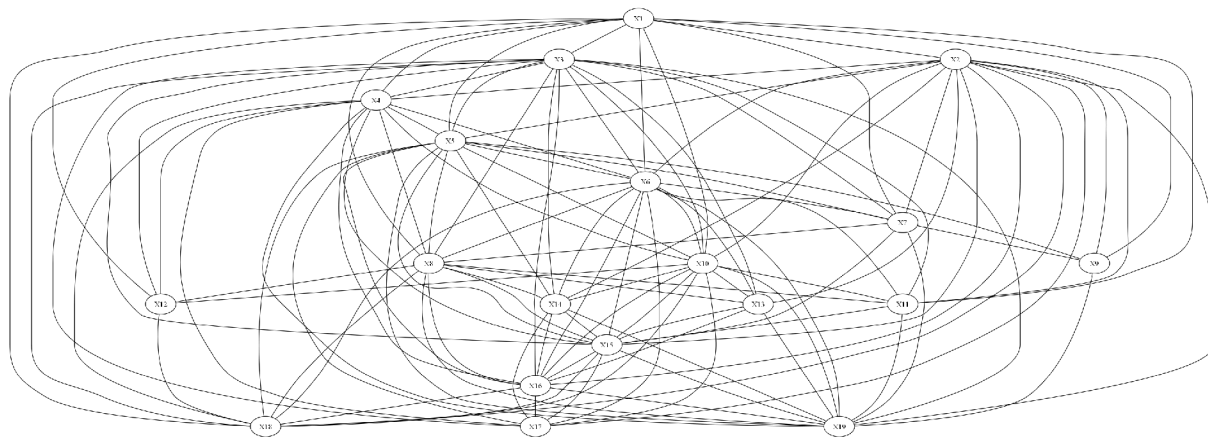
4.3.5 Kvalitativní predikce chování systému

Pro počítačové zpracování je nutné převést tabulku 8 na seznam vazeb, kde *M+* značí přímou úměru a *M-* nepřímou úměru, proměnné, mezi kterými není vazba, jsou ignorované:

M+ X ₁ X ₂	M+ X ₂ X ₁₆	M- X ₄ X ₈	
M- X ₁ X ₃	M+ X ₂ X ₁₇	M+ X ₄ X ₁₀	M+ X ₅ X ₆
M- X ₁ X ₄	M+ X ₂ X ₁₈	M+ X ₄ X ₁₂	M+ X ₅ X ₇
M- X ₁ X ₅	M+ X ₂ X ₁₉	M+ X ₄ X ₁₅	M- X ₅ X ₈
M- X ₁ X ₆		M+ X ₄ X ₁₆	M+ X ₅ X ₉
M+ X ₁ X ₇	M+ X ₃ X ₄	M+ X ₄ X ₁₇	M+ X ₅ X ₁₀
M+ X ₁ X ₈	M+ X ₃ X ₅	M+ X ₄ X ₁₈	M- X ₅ X ₁₄
M+ X ₁ X ₉	M+ X ₃ X ₆	M+ X ₄ X ₁₉	M+ X ₅ X ₁₅
M- X ₁ X ₁₀	M+ X ₃ X ₇		M+ X ₅ X ₁₆
M- X ₁ X ₁₁	M- X ₃ X ₈	M+ X ₁₀ X ₁₁	M+ X ₅ X ₁₇
M+ X ₁ X ₁₂	M+ X ₃ X ₁₀	M- X ₁₀ X ₁₂	M+ X ₅ X ₁₈
M- X ₁ X ₁₈	M+ X ₃ X ₁₁	M- X ₁₀ X ₁₃	M+ X ₅ X ₁₉
	M- X ₃ X ₁₂	M- X ₁₀ X ₁₄	
M+ X ₂ X ₄	M- X ₃ X ₁₃	M+ X ₁₀ X ₁₅	M+ X ₉ X ₁₉
M+ X ₂ X ₅	M- X ₃ X ₁₄	M+ X ₁₀ X ₁₆	
M+ X ₂ X ₆	M+ X ₃ X ₁₅	M+ X ₁₀ X ₁₇	M+ X ₆ X ₇
M+ X ₂ X ₇	M+ X ₃ X ₁₆	M+ X ₁₀ X ₁₈	M- X ₆ X ₈
M+ X ₂ X ₉	M+ X ₃ X ₁₇	M+ X ₁₀ X ₁₉	M+ X ₆ X ₁₀
M+ X ₂ X ₁₀	M+ X ₃ X ₁₈		M+ X ₆ X ₁₁
M+ X ₂ X ₁₁	M+ X ₃ X ₁₉	M- X ₇ X ₈	M- X ₆ X ₁₃
M- X ₂ X ₁₃		M+ X ₇ X ₉	M- X ₆ X ₁₄
M- X ₂ X ₁₄	M+ X ₄ X ₅	M+ X ₇ X ₁₅	M+ X ₆ X ₁₅
M+ X ₂ X ₁₅	M+ X ₄ X ₆	M+ X ₇ X ₁₉	M+ X ₆ X ₁₆

$M+ X_6 X_{17}$	$M- X_8 X_{16}$	$M+ X_{16} X_{17}$	$M- X_{14} X_{16}$
$M+ X_6 X_{18}$	$M- X_8 X_{18}$	$M+ X_{16} X_{18}$	$M- X_{14} X_{17}$
$M+ X_6 X_{19}$	$M- X_8 X_{19}$	$M+ X_{16} X_{19}$	$M- X_{14} X_{19}$
$M- X_8 X_{11}$	$M+ X_{12} X_{18}$	$M- X_{13} X_{15}$	$M+ X_{15} X_{16}$
$M+ X_8 X_{12}$		$M- X_{13} X_{16}$	$M+ X_{15} X_{17}$
$M+ X_8 X_{13}$	$M+ X_{11} X_{15}$	$M- X_{13} X_{19}$	$M+ X_{15} X_{18}$
$M+ X_8 X_{14}$	$M+ X_{11} X_{19}$		$M+ X_{15} X_{19}$
$M- X_8 X_{15}$		$M- X_{14} X_{15}$	

Všechny vazby jsou zobrazeny v přechodovém grafu na obrázku 19.



Obrázek 19: Grafické znázornění vazeb v modelu

Definovaný model je příliš složitý, proto model vykazuje při počítačovém zpracování rozpor. Model musí být proto zjednodušen tak, že jsou opomenuty méně důležité vazby.

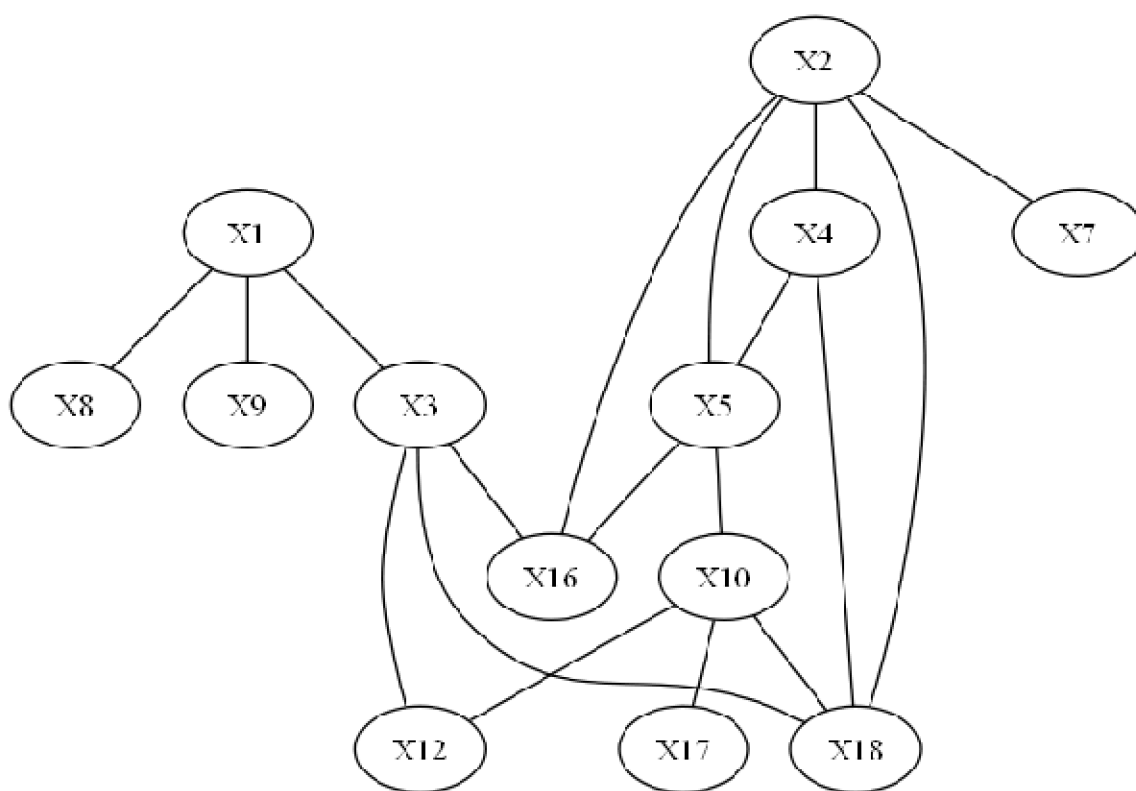
Následující model stále dostatečně popisuje vazby mezi proměnnými a zároveň program už nevykazuje žádný rozpor:

1. $M_- X_1 X_3 0$
2. $M_+ X_1 X_8 0$
3. $M_+ X_1 X_9 0$
4. $M_+ X_2 X_4 0$
5. $M_+ X_2 X_5 0$
6. $M_+ X_2 X_7 0$
7. $M_+ X_2 X_{16} 0$

8.	M ₊	X2	X18	0
9.	M ₋	X3	X12	0
10.	M ₊	X3	X16	0
11.	M ₊	X3	X18	0
12.	M ₊	X4	X5	0
13.	M ₊	X4	X18	0
14.	M ₋	X10	X12	0
15.	M ₊	X10	X17	0
16.	M ₊	X10	X18	0
17.	M ₊	X5	X10	0
18.	M ₊	X5	X16	0

Poslední sloupec popisuje, v jakém bodě se proměnné protínají. V našem případě se proměnné protínají vždy v nule, což znamená, že když je první proměnná nulová, je i druhá proměnná rovna nule.

Tento model je graficky znázorněn v přechodovém grafu na obrázku 20.



Obrázek 20: Grafické znázornění vazeb ve zjednodušeném modelu

Do programu je poté spolu s vazbami zadán i nasluhující dotaz, kde plus značí, že se všechny veličiny mohou pohybovat pouze na kladné ose a X značí, že první derivace může nabývat jak kladných, tak nulových a záporných hodnot. Hvězdička značí hodnoty, které budou ignorovány.

DOTAZ

X1 +X*

X2 +X*

X3 +X*

X4 +X*

X5 +X*

X7 +X*

X8 +X*

X9 +X*

X10 +X*

X12 +X*

X16 +X*

X17 +X*

X18 +X*

X1 X2 X3 X4 X5 X7 X8 X9 X10 X12 X16 X17 X18

Poslední řádek zadává, které proměnné mají být vypočítány.

Výsledek, ve kterém nejsou uvažovány druhé derivace:

X1	X2	X3	X4	X5	X7	X8	X9	X10	X12	X16	X17	X18
++*	+*	+*	+*	+*	+*	++*	++*	+*	++*	+*	+*	+*
+0*	+0*	+0*	+0*	+0*	+0*	+0*	+0*	+0*	+0*	+0*	+0*	+0*
+*	++*	++*	++*	++*	++*	+*	+*	++*	++*	+*	+*	+*

Nyní je nutno zhodnotit jestli dané triplety jsou smysluplné či významné.

Dále se u jednotlivých vazeb určí druhá derivace (viz.: kapitola 4.2).

Po nahrazení $M+$ či $M-$ číslem grafu z obrázku 13 získáme následující kvalitativní model. V prvním sloupci je pořadové číslo, v druhém je druh grafu, ve třetím a

čtvrtém jsou uvedeny proměnné, které na sebe působí a v posledním sloupci je zapsáno, jaká bude Y proměnná (záporná, nulová, kladná), když X proměnná je rovná nule.

	Graf	X	Y	
1.	24	X1	X3	0
2.	22	X1	X8	0
3.	22	X1	X9	0
4.	22	X2	X4	0
5.	23	X2	X5	0
6.	22	X2	X7	0
7.	23	X2	X16	0
8.	23	X2	X18	0
9.	22	X3	X12	0
10.	22	X3	X16	0
11.	22	X3	X18	0
12.	23	X4	X5	0
13.	22	X4	X18	0
14.	22	X10	X12	0
15.	23	X10	X17	0
16.	22	X10	X18	0
17.	22	X5	X10	0
18.	23	X5	X16	0

Zadání dotazu pro počítačové zpracování bude v následujícím tvaru:

DOTAZ

X1 +XX

X2 +XX

X3 +XX

X4 +XX

X5 +XX

X7 +XX

X8 +XX

X9 +XX

X10 +XX

X12 +XX

X16 +XX

X17 +XX

X18 +XX

X1 X2 X3 X4 X5 X7 X8 X9 X10 X12 X16 X17 X18

Nyní už se v dotazu ptáme i na druhé derivace (viz.: kapitola 4.2), proto je hvězdička na místě druhé derivace nahrazena X.

Výsledkem jsou následující scénáře:

X1	X2	X3	X4	X5	X7	X8	X9	X10	X12	X16	X17	X18
+++	+-+	+-+	+-+	+-+	+-+	+++	+++	+-+	++-	+-+	+-+	+-+
+++	+-+	+-+	+-+	+-+	+-+	+++	+++	+-+	++-	+-+	+0	+-+
+++	+-+	+-+	+-+	+-+	+-+	+++	+++	+-+	++-	+-+	+-	+-+
+++	+-	+-	+-	+-	+-	+++	+++	+-	+++	+-	+-	+-
++0	+-+	+-+	+-+	+-+	+-+	++0	++0	+-+	++-	+-+	+-+	+-+
++0	+-+	+-+	+-+	+-+	+-+	++0	++0	+-+	++-	+-+	+0	+-+
++0	+-+	+-+	+-+	+-+	+-+	++0	++0	+-+	++-	+-+	+-	+-+
++-	+-+	+-+	+-+	+-+	+-+	++-	++-	+-+	++-	+-+	+-+	+-+
++-	+-+	+-+	+-+	+-+	+-+	++-	++-	+-+	++-	+-+	+0	+-+
++-	+-+	+-+	+-+	+-+	+-+	++-	++-	+-+	++-	+-+	+-	+-+
+0+	+0-	+0-	+0-	+0-	+0-	+0+	+0+	+0-	+0+	+0-	+0-	+0-
+00	+00	+00	+00	+00	+00	+00	+00	+00	+00	+00	+00	+00
+0-	+0+	+0+	+0+	+0+	+0+	+0-	+0-	+0+	+0-	+0+	+0+	+0+
+-+	+++	+++	+++	+++	+++	+-+	+-+	+++	+-	+++	+++	+++
+-+	+++	+++	+++	+++	+++	+-+	+-+	+++	+-	+++	++0	+++
+-+	+++	+++	+++	+++	+++	+-+	+-+	+++	+-	+++	++-	+++
+-+	++-	++-	++-	++-	++-	+-+	+-+	++-	+-+	++-	++-	++-
+0	+++	+++	+++	+++	+++	+0	+0	+++	+-	+++	+++	+++
+0	+++	+++	+++	+++	+++	+0	+0	+++	+-	+++	++0	+++
+0	+++	+++	+++	+++	+++	+0	+0	+++	+-	+++	++-	+++
+-	+++	+++	+++	+++	+++	+-	+-	+++	+-	+++	+++	+++
+-	+++	+++	+++	+++	+++	+-	+-	+++	+-	+++	++0	+++
+-	+++	+++	+++	+++	+++	+-	+-	+++	+-	+++	++-	+++

Pro nás jsou nejzajímavější scénáře, kde cena ($X1$) klesá a zároveň kvalita ($X2$) a efektivnost ($X3$) stoupá. Toto splňují ideálně poslední tři scénáře. Naším cílem by tedy mělo být, dostat se do jednoho z těchto scénářů.

Z analýzy tří nejvhodnějších scénářů vyplývá, že by měla stále růst znalost pracovního postupu jak u dělníků, tak u jejich vedoucích (mistrů), s čímž jsou v praxi spojena pravidelná plánovaná školení. Dále by měla růst svědomitost dělníků, která se dá nepřímo ovlivnit přes jejich motivovanost k práci.

Dalším prostředkem značně ovlivňující scénáře je materiál, jehož cena by měla klesat a kvalita zároveň růst. Toto jsou dosti protichůdné požadavky, u kterých je možno dosáhnout vyváženého kompromisu například změnou dodavatele, není však možno docílit, aby cena materiálu stále klesala a přitom jeho kvalita stále stoupala, proto bude setrvání v tomto scénáři dosti obtížné.

Důležité je taktéž správné nastavení strojů, bez kterého není možno získat kvalitní výrobky, a s tím související složitost obsluhy stroje, která se může odrazit jak ve špatném nastavení stroje, není-li dělník dostatečně zaučen, tak také na ceně, kde složitě nastavování stroje bude vyžadovat i vyšší náklady, jak na čas, tak na plat zaměstnance, proto by složitost obsluhy měla být co nejmenší.

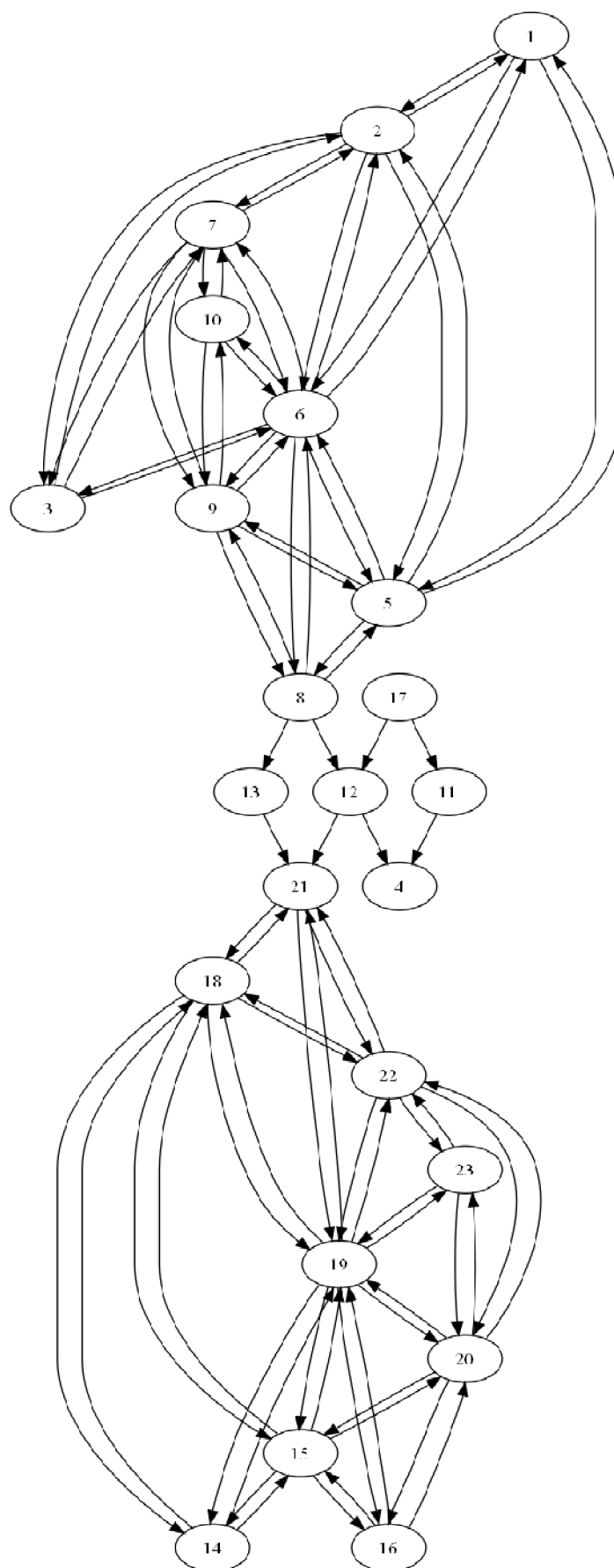
V neposlední řadě je nutno udržovat stálý pořádek a systém na pracovišti, který přispěje jak k časové úspoře, tak ke zvýšení produktivity celé výroby.

Abychom zjistili, je-li možno přejít z aktuálního scénáře, ve kterém se nachází systém do požadovaného scénáře, použijeme matici přechodů:

A	1	2	1	A	8	6	4	A	18	15	4
A	1	5	3	A	8	9	1	A	18	19	1
A	1	6	4	D	8	12	13	A	18	21	3
A	2	1	1	B	8	13	13	A	18	22	4
A	2	3	1	A	9	5	4	A	19	14	4
A	2	5	4	A	9	6	3	A	19	15	3
A	2	6	3	A	9	7	4	A	19	16	4
A	2	7	4	A	9	8	1	A	19	18	1
A	3	2	1	A	9	10	1	A	19	20	1
A	3	6	4	A	10	6	4	A	19	21	4
A	3	7	3	A	10	7	3	A	19	22	3
A	5	1	3	A	10	9	1	A	19	23	4
A	5	2	4	B	11	4	13	A	20	15	4
A	5	6	1	D	12	4	13	A	20	16	3
A	5	8	3	D	12	21	13	A	20	19	1
A	5	9	4	B	13	21	13	A	20	22	4
A	6	1	4	A	14	15	1	A	20	23	3
A	6	2	3	A	14	18	3	A	21	18	3
A	6	3	4	A	14	19	4	A	21	19	4
A	6	5	1	A	15	14	1	A	21	22	1
A	6	7	1	A	15	16	1	A	22	18	4
A	6	8	4	A	15	18	4	A	22	19	3
A	6	9	3	A	15	19	3	A	22	20	4
A	6	10	4	A	15	20	4	A	22	21	1
A	7	2	4	A	16	15	1	A	22	23	1
A	7	3	3	A	16	19	4	A	23	19	4
A	7	6	1	A	16	20	3	A	23	20	3
A	7	9	4	B	17	11	13	A	23	22	1
A	7	10	3	D	17	12	13				
A	8	5	3	A	18	14	3				

Jednotlivé přechody jsou graficky znázorněny v přechodovém grafu na obrázku 21.

Orientovaný graf nám graficky popisuje, jak může být daný scénář dosažen. Uzly představují jednotlivé scénáře a orientované spojnice možné přechody mezi scénáři.



Obrázek 21: Grafické znázornění přechodové matice

4.4 Možnosti využití kvalitativního modelování v sociotechnickém systému

Základní filozofie Kvalitativního modelování je flexibilní kalkulace, která může být jednoduše přizpůsobena danému problému, tudíž hodnota znalostí problému nemusí být změněna, jen je využita do maximální možné výše. Značnou výhodou je zde nenumerické vyjadřování.

Při aplikaci výše zmíněného modelu do konkrétního systému je nutno myslet na to, že každý systém má svoje specifika, a proto je nutné pro každé rozhodování model přizpůsobit a poté může být přínosným rozhodovacím nástrojem výrobní firmy.

5 Závěr

V první části disertační práce jsou popsány základní rysy, strategie a pravidla pro diagnostiku sociotechnického systému. Respektování těchto pravidel pomáhá zajistit kvalitu výroby za konkurence schopné výrobní ceny. Pro realizaci změn, které vyplývají z rozboru sociotechnického systému je nutno vytvořit postup. Takový to postup je při realizaci komplexnějších zásahů nazván projektem a práce shrnuje nástroje pro plánování projektu a pro jeho realizaci. Stěžejní součástí projektu je vývojový diagram, který celý proces graficky znázorňuje a umožňuje přehlednou kontrolu. Součástí přípravy i provádění projektu je analýza rizik, která je nutná pro predikci a následnou prevenci budoucích problémů. Vývojový diagram ukazuje možný průběh vytváření analýzy rizik.

Další část práce uvádí způsoby diagnostiky systému a jejich optimalizace podle kvantitativních parametrů. Jsou zde uvedeny nové metody spadající do kategorie metod umělé inteligence. Práce ukazuje možnosti Rojové inteligence. Metody rojové optimalizace jsou zde ukázány jako efektivní nástroj při řešení komplikovaných logistických problémů. Výsledky jsou prezentovány na problému obchodního cestujícího a multiparametrických optimalizačních úlohách. Práce ukazuje způsob modifikace jednotlivých obecných algoritmů pro řešení těchto typů úloh. Jsou uvedeny ukázky aplikace algoritmů vhodné pro výrobní společnosti při plánování tisku, optimalizaci úkolových plánů a plánování válcovacích kampaní.

Porovnání optimalizačních algoritmů umělé inteligence přineslo zajímavé výsledky při využití metod, které byly matematicky popsány teprve v posledním desetiletí. S použitím šesti různých benchmarkingových funkcí jsou v práci ukázány výhody Včelího algoritmu a Maravenčích kolonií, kde bylo nalezeno optimální řešení složitěho optimalizačního problému při podstatně menším počtu kroků, než při použití dnes již klasického genetického algoritmu.

Rozbor složitých sociotechnických systémů ukazuje, že v mnoha případech není možný jejich kvantitativní popis a přitom je nutné hledat trendy nebo řešení alespoň na úrovni odhalení kvalitativních vazeb a nalezení trendů. Kvalitativní modelování se vyznačuje snížením požadavků na přesnost popisu sociotechnického systému. V práci je ukázán princip kvalitativního popisu a přepis na kvalitativní triplety. Tento aparát je aplikován na výrobní systém v průmyslovém podniku, ve kterém jsou nejprve specifikovány faktory potenciálně ovlivňující výsledky a vazby mezi nimi.

Tento model je následně počítačově zpracován a výsledkem jsou možné scénáře (stavy), ve kterých se může systém nacházet. Součástí je i přechodová matice udávající možnost přechodu mezi jednotlivými scénáři, takže můžeme určit, jestli je možno se dostat z momentálního stavu do stavu požadovaného, a které faktory je nutno změnit abychom tohoto stavu dosáhli.

Přínosem práce by mělo být především ukázání možností nedávno objevených matematických postupů v oblasti rojové inteligence pro optimalizační úlohy v sociotechnických soustavách. Tam, kde je tato soustava obtížně popsatelná kvantitativně, je možno s výhodou využít kvalitativní modelování, které vyžaduje méně přesné kvantitativní informace.

Použitá literatura

Knihy

- [1] NENADÁL, J., NOSKIEVIČOVÁ, D., PETŘÍKOVÁ, R., PLURA, J., TOŠENOVSKÝ, J. *Moderní systémy řízení jakosti*. Praha. 1998. 283 s. ISBN 80 – 85943 – 63 – 8.
- [2] KERZNER, H.: *Project management :a systems approach to planning, scheduling, and controlling*. New York : Wiley. 2006. 912 p.
- [3] WESTLAND, J.: *The project management life cycle: a complete step-by-step methodology for initiating, planning, executing & closing a project successfully*. London; Philadelphia: Kogan Page. 2006. 237 p.
- [4] DAVIS, E. *Representations of Commonsense Knowledge*. Morgan Kauffman Pub., 1990. 515 p. ISBN 1558600337.
- [5] TAYLOR. J. *Začínáme řídit projekty*. Computer Press, a.s., Brno 2007.
- [6] ROSENAU, MILTON D. *Řízení projektů*. Computer Press, a.s., Brno 2003.
- [7] GILLMAN, L., McDOWELL, R.H. *Matematická analýza*. Praha : SNTL, 1980. 464 s. 04-009-80.
- [8] POKORNÝ, M. *Umělá inteligence v modelování a řízení*. Praha: BEN-Technická literatura, 1996. 189 s. ISBN 80-901984-4-9.
- [9] REKTORYS, K. a kol. *Přehled užití matematiky*. Praha : SNTL, 2. vyd., 1968. 1140 s. 04-002-68.
- [10] JABLONSKÝ, J. *Operační výkum : Kvalitativní modely pro ekonomické rozhodování*. Praha : Professional publishing, 2002. 323 s. ISBN 80-86419-42-8.
- [11] DVOŘÁČEK, J., KAFKA, T. *Interní audit v praxi*. Brno : Computer press, 2005. 236 s. ISBN 80-251-0836-8.
- [12] DVOŘÁČEK, J. *Audit podniku a jeho operací*. 1. vyd. Plzeň : C. H. Beck, 2005. 165 s. ISBN 80-7179-809-6.
- [13] DVOŘÁČEK, J. *Interní audit a kontrola*. 2. přeprac. vyd. Praha : C. H. Beck, 2003. 201 s. ISBN 80-7179-805-3.
- [14] MALLYA, T. *Základy strategického řízení a rozhodování*. 1. vyd. Praha : Grada Publishing, 2007. 246 s. ISBN 978-80-247-1911-5.

Odborné články a příspěvky z konferencí

- [15] IZADIFAR, M., ZOLGHADRI JAHROMI, M. Application of genetic algorithm for optimization of vegetable oil hydrogenation process. *Journal of Food Engineering*. Vol 78, 2007, pp 1–8.

- [16] STERN, H., CHASSIDIM, Y., ZOFI, M. Multiagent visual area coverage using a new genetic algorithm selection scheme. *European Journal of Operational Research*. Vol.175, 2006, pp 1890–1907.
- [17] KUMAR, A., PRAKASH, TIWARI, M.K., SHANKAR, R., BAVEJA, A. Solving machine-loading problem of a flexible manufacturing system with constraint-based genetic algorithm. *European Journal of Operational Research*. Vol 175, 2006, pp 1043–1069.
- [18] CANTÚ-PAZ, E., GOLDBERG, D. E. Efficient parallel genetic algorithms: theory and practice. *Comput. Methods Appl. Mech. Engrg.* Vol 186, 2000, pp 221-238.
- [19] KUMAR, A., TIWARI, M.K., SHANKAR, R., BAVEJA, A. Solving machine-loading problem of a flexible manufacturing system with constraint-based genetic algorithm. *European Journal of Operational Research*. Vol 175, 2006, pp 1043-1069.
- [20] ANDRÉS, C., LOZANOB, S. A particle swarm optimization algorithm for part–machine grouping. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. Vol. 22, 2006, pp 468–474.
- [21] SHENG-FA, Y., FU-LEI, CH. Fault diagnostics based on particle swarm optimisation and support vector machines. *Mechanical Systems and Signal Processing*. Vol. 21, 2007, pp 1787-1798.
- [22] QIE HE, LING WANG, BO LIU. Parameter estimation for chaotic systems by particle swarm optimization. *Chaos, Solitons and Fractals*. Vol. 34, 2007, pp 654-661.
- [23] DOHNAL, M. A methodology for common-sense model development. *Computers in Industry*. Vol. 16, Issue 2, June 1991, pp 141-158. ISSN 0166-3615.
- [24] DOHNAL, M. A Qualitative Approach to Pattern Identification for Financial Data Mining. *Journal of Computational Intelligence in Finance*. Vol. 5, No. 3, 1997, pp 27 – 36. ISSN 1092-7018.
- [25] KONEČNÝ, J. *Kvalitativní oceňování opcí pomocí Black-Scholes modelu*. Disertační práce. FP, VUT v Brně, Czech Republic, 2002.
- [26] KVAPILÍK, M., DOHNAL, M. An integration of quantitative and qualitative knowledge in process engineering. *Collection of Czechoslovak Chemical Communications*. Vol. 58, No. 8, 1992, pp 1861-1873. ISSN 0010-0765.
- [27] LIU, J., CHEN, G., A new chaotic attractor coined. *International Journal of Bifurcation and Chaos*. Vol. 12, Iss. 3, 2002, pp 659-661. ISSN 0218-1274.
- [28] LORENZ, E.N. Irregularity: a fundamental property of the atmosphere. *Tellus A*. Vol. 36, 1984, pp 98-110. ISSN 0280-6495.
- [29] MALASOMA, J.-M. What is the simplest dissipative chaotic jerk equation which is parity invariant? *Physics Letters A*. Vol. 264, Iss. 5, January 2000, p 383-389. ISSN 0375-9601.
- [30] MOORE, D.W., SPIEGEL, E.A. A Thermally Excited Non-Linear Oscillator. *Astrophysical Journal*. Vol. 143, March 1966, pp 871-887. ISSN 0004-637X.
- [31] NOSÉ, S. Constant Temperature Molecular Dynamics Methods. *Progress of Theoretical Physics Supplement*. Vol. 103, 1991, p. 1-46. ISSN 0375-9687.

- [32] ORTEGA, G., ROMANELLI, L. Detecting Hidden Frequencies in Dynamical Time Series: A Numerical Report. *Chaos, Solitons & Fractals*. Vol. 6, 1995, pp 411-415. ISSN 0960-0779.
- [33] PANAS, E., NINNI, V. Are oil markets chaotic? A non-linear dynamic analysis. *Energy Economics*. Vol. 22, 2000, pp 549-568. ISSN 0140-9883.
- [34] RABINOVICH, ŠILLER, A., POPELA, P., DOHNAL, M. Linear Qualitative Models: Solution, Application and Engineering Interpretation, Part I - Qualitative Algebra. *Computers and Artificial Intelligence*. Vol. 11, Iss. 6, 1992, pp 535-544. ISSN 0232-0274.
- [35] ŠILLER, A., POPELA, P., DOHNAL, M. Linear Qualitative Models: Solution, Application and Eng. Interpretation, Part II - Methodology, Case Study - Toxicity Analysis. *Computers and Artificial Intelligence*. Vol. 12, Iss. 2, 1993, pp 195-206. ISSN 0232-0274.
- [36] VÍCHA, T. Kvalitativní modelování ekonomických modelů. In *IMEA 2006*. Hradec Králové, Fakulta informatiky a managementu, Univerzita Hradec Králové, 15. – 16.5. 2006. ISBN 80-7041-164-3.
- [37] VÍCHA, T. Methodology of creation qualitative models. In *Management, economics and business development in the new European conditions*. International conference, Brno, Faculty of Business and Management, Brno University of Technology, 2005. ISBN 80-214-2953-4.
- [38] PHAM, D., GHANBARZADEH, A., KOC, E., OTRI, S., RAHIM, S., ZAIDI, M. The Bees Algorithm – A Novel Tool for Complex Optimisation Problems. In *Intelligent Production Machines and Systems*. Cardiff: Manufacturing Engineering Centre, Cardiff University, 2006. The Bees Algorithm – A Novel Tool for Complex Optimisation Problems. pp 454-466.
- [39] PHAM, D. T., GHANBARZADEH, A., KOC, E., OTRI, S. Application of the Bees Algorithm to the Training of Radial Basis Function Networks for Control Chart Pattern Recognition. In *Intelligent Production Machines and Systems*. Cardiff: Manufacturing Engineering Centre, Cardiff University, 2006.
- [40] BAHREININEJAD, A., HESAMFAR, P. Subdomain generation using emergent ant colony optimization. *Computers and Structures*. Vol 84, 2006, pp 1719–1728.
- [41] RAUDENSKA, L. Systém řízení jakosti se zaměřením na středně velký podnik. In *JAKOST-QUALITY 2006*. Ostrava, 2006.

Normy

- [42] Norma ČSN ISO 8402 Management jakosti a zabezpečování jakosti. Slovník. Praha, ČNI 1995.
- [43] Norma ČSN EN ISO 9001 ed. 2 Systém managementu jakosti - Požadavky. Praha, ČNI 2002.

Internetové zdroje

- [44] Ant Colony Optimization. [online], 2006. URL <<http://aco.wz.cz/algoritmy.php>>
- [45] Wolfram MathWorld. [online], 2006. URL <<http://mathworld.wolfram.com/>>
- [46] Makroekonomické ukazatele ČR a vybraných zemí. [online], 2005. URL <<http://www.sps.cz/obecne/meu.htm>>
- [47] Genetické algoritmy. [online], 2006. URL <<http://www.sweb.cz/labirlab/algoritmy/genetic.htm>>
- [48] Seznámení se s genetickými algoritmy. [online], 2006. URL <<http://mujweb.cz/www/prikrylj/Genetickealgoritmy.html#1>>
- [49] Teorie grafů. [online], 2006. URL <<http://www.fs.vsb.cz/books/SystAnal/>>
- [50] Quality Tools: Tools and techniques for quality improvement and problem-solving. [online], 2007. URL <http://syque.com/quality_tools/index.htm>
- [51] NetMBA: Business Knowledge Center. [online], 2008. URL <<http://www.netmba.com/>>
- [52] EW: Economic Wizard [online], 2008. URL <<http://www.ewizard.cz/>>

Seznam použitých zkratk a symbolů

ACO	Ant Colony Optimization
BOZP	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
CPM	Critical Path Method (Metoda kritické cesty)
ČSN	Česká technická norma
EEC	European Economic Community (Evropské hospodářské společenství)
EN	Evropská norma
EU	European Union (Evropská unie)
GA	Genetic algorithm
MATLAB	MATrix LABoratory
PERT	The Program Evaluation and Review Technique
PSO	Particle swarm optimization
Sb.	Sbírky
SWOT	Strengths – Weaknesses - Opportunities - Threats
TSP	The Traveling Salesman Problem (Problém obchodního cestujícího)
VRP	The Vehicle Routing Problem
VRPTW	Vehicle Routing Problem with Time Windows
Δ_{ij}	Feromonová stopa
DDX_n	Druhá derivace proměnné X_i
d_{ij}	Vzdálenosti mezi jednotlivými objekty
DX_n	První derivace proměnné X_i
J'	Jednotlivými objekty
NEP	Nepřímá úměra (-)
n_{ij}	Blížkost
P	Přímá úměra (+)
$p_{i,t}$	Nejlepší předchozí pozice jednotlivce i v iteraci t
t	Čas
X_n	Proměnná
$v_{i,t}$	Rychlost jednotlivce i v iteraci t
$x_{i,t}$	Pozice jednotlivce i v iteraci t

Seznam obrázků

Obrázek 1: Vývojový diagram plánování projektu.....	20
Obrázek 2: Příklad Ganttova diagramu.....	22
Obrázek 3: Výpočet brzkého začátku a brzkého konce	25
Obrázek 4: Výpočet pozdního startu a pozdního konce	26
Obrázek 5: Výpočet rezervy a znázornění kritické cesty	27
Obrázek 6: Příklad vývojového diagramu	28
Obrázek 7: Analýza rizik	31
Obrázek 8: Vývojový diagram znázorňující proces GA.....	41
Obrázek 9: Feromonová stopa mravenců (naznačeno jako červené tečky) a jejich vyznačení nejkratší cesty.....	42
Obrázek 10: Schema Problému obchodního cestujícího	48
Obrázek 11: Příklad výstupu VRP	49
Obrázek 12: Příklad schématu dopravní sítě.....	54
Obrázek 13: Kvalitativní triplety – kladné.....	61
Obrázek 14: Ilustrační obrázek k derivaci funkce	62
Obrázek 15: Kvalitativní triplety	63
Obrázek 16: Demonstrace výpočtu první a druhé derivace v bodě	65
Obrázek 17: Ilustrační model.....	65
Obrázek 18: Grafické znázornění přechodové matice.....	68
Obrázek 19: Grafické znázornění vazeb v modelu	74
Obrázek 20: Grafické znázornění vazeb ve zjednodušeném modelu.....	75
Obrázek 21: Grafické znázornění přechodové matice.....	82

Seznam tabulek

Tabulka 1: Symboly zavedené pro vývojové diagramy:.....	29
Tabulka 2: Popis rizik.....	34
Tabulka 3: Srovnání metod.....	47
Tabulka 4: Matice vzdáleností	54
Tabulka 5: Seznam možných jednodimenzionálních přechodů, [20]	59
Tabulka 6: Kvalitativní sčítání (a), kvalitativní násobení (b), [20].....	60
Tabulka 7: Zjednodušená tabulka přechodových pravidel	66
Tabulka 8: Kvalitativní model faktorů.....	72