ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ
K611 – ÚSTAV APLIKOVANÉ MATEMATIKY
K620 – ÚSTAV ŘÍDÍCÍ TECHNIKY A TELEMATIKY

Automatický optický pyrometr v systémové analýze

Jana Kuklová, 4 70

2009/2010

Obsah

Obsah 2
Seznam zkratek 3
Předmluva 4
0 Úvod 5
1 Strukturní identifikace systému 6
1.1 Slovní popis systému a jeho schéma 6
1.2 Zápis systému jazykem tabulek 8
1.3 Zápis systému maticemi 9
2 Dekompozice systému 12
2.1 Topologická dekompozice 13
2.2 Funkční dekompozice 14
2.3 Věcná dekompozice 14
2.4 Hierarchická dekompozice 14
3 Chování systému a genetický kód 15
3.1 Grafy dílčího chování 15
3.2 Matice dílčího chování systému 18
3.3 Množiny dílčího chování 19
3.4 Genetický kód 19
4 Závěr 20
Literatura a jiné zdroje informací 21

Seznam zkratek

V této práci bylo použito zkratek pro zjednodušení a názornost jednotlivých tabulek a schémat. Zkratky vycházejí z názvů jednotlivých prvků, jejichž funkce jsou vysvětleny v 1. kapitole.

Tab. 0-1 Tabulka prvků

PRVEK	ZKRATKA
Měřený předmět	MP
Čočka	Č
Dichroické zrcadlo	DZ
Nastavitelný okulár	NO
Člověk	ČI
Kalibrační chlopeň	KC
Zesilovač	Z
Kalibrační lampa	KL
Optická clona	OC
Filtr	F
Detektor	D
Výstup	V

Dále bylo použito následujících označení (pořadí, ve kterém se objevují v práci):

Spp matice prvek-prvek

Spv matice prvek-vazba

Svp matice vazba-prvek

Svv matice vazba-vazba

i vnější událost

I_i dílčí vstup systému odpovídající události i

F chování systému

F_i dílčí chování systému odpovídající události i

f_j^i j-tý proces vyvolaný i-tou událostí

D_i matice dílčího chování

SD standardní matice dílčího chování

Předmluva

Tato semestrální práce je v podstatě syntézou předmětu Systémová analýza a práce na projektu Softwarové nástroje pro zpracování obrazu z termovizních měření.

Pro splnění předmětu Systémová analýza bylo nutné vypracovat během semestru několik domácích úloh, přičemž pro některé z nich bylo třeba identifikovat systém z oblasti našeho zájmu a aplikovat na něj vybrané metody systémové analýzy.

Pro zpracování domácích úloh jsem zvolila jako systém automatický optický pyrometr, se kterým jsem se seznámila v rámci výše zmíněného projektu při zpracování podkladů k teorii termovizního měření. Přesněji řečeno objektem mého zájmu se stal princip bezkontaktního měření teploty automatickým optickým pyrometrem.

Tato práce tedy obsahuje řešení vybraných domácích úloh, které bylo třeba aplikovat na zvolený systém. Jednotlivé úlohy byly konzultovány s cvičící Ing. Zuzanou Bělinovou, Ph.D., které bych chtěla touto cestou poděkovat za vhodné připomínky k vypracování dílčích úkolů.

0 Úvod

Brian R. Gaines: „Systém je to, co považujeme za systém.“

V této úloze je za systém považován, jak již bylo zmíněno, princip bezkontaktního měření teploty automatickým optickým pyrometrem.

V dnešní době se pyrometr všeobecně definuje jako jakýkoli bezkontaktní přístroj, který zachycuje a měří termální radiaci emitovanou zkoumaným objektem s cílem zjistit teplotu zkoumaného povrchu [3].

Optické pyrometry jsou pak přístroje, které měří radiaci v úzkém pásmu vlnových délek tepelného záření. Existují pyrometry ovládané ručně i automaticky a právě automaticky ovládaný optický pyrometr bude v následujících třech kapitolách představovat předmět pro jednotlivé úlohy systémové analýzy.

První kapitola je věnována samotné identifikaci systému. Další kapitola diskutuje jednotlivé způsoby a možnosti dekompozice systému. Poslední kapitola se pak věnuje chování systému a jeho genetickému kódu.

1 Strukturní identifikace systému

Cílem strukturní identifikace systému je charakterizovat systém jako celek, identifikovat jeho významné prvky a vazby mezi nimi, přičemž je důležité vhodně zvolit rozlišovací úroveň prvků.

Strukturu zvoleného systému lze zapsat různými způsoby. V následujících odstavcích je zvolený systém popsán přirozeným jazykem (slovní popis systému), schématem, tabulkami a maticemi.

1.1 Slovní popis systému a jeho schéma

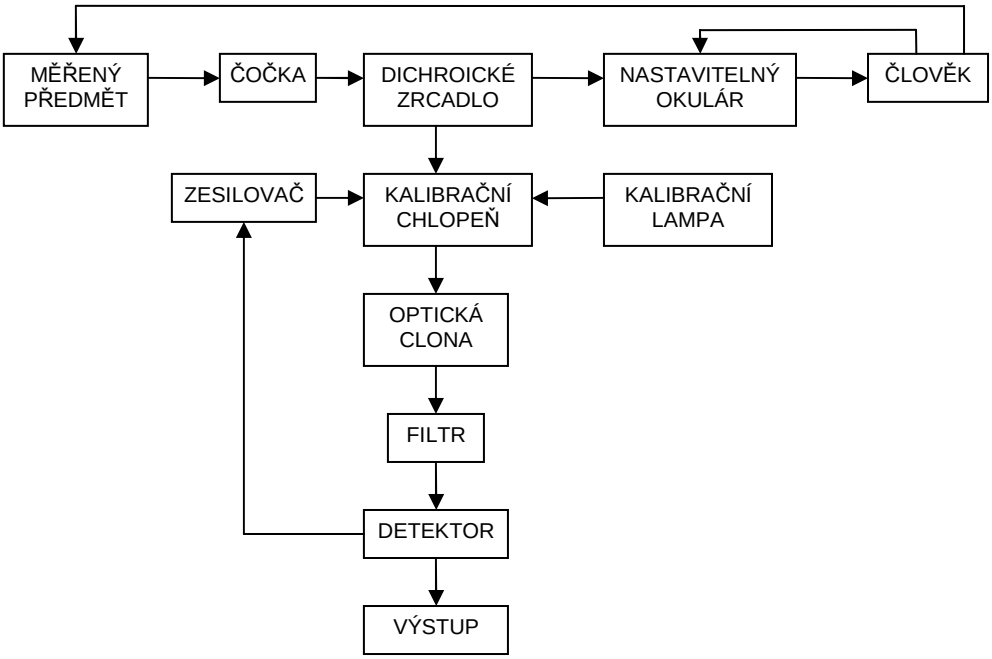
Automatický optický pyrometr s dichronickým zrcadlem[1] pracuje na principu srovnání energie záření vyzařované objektem s energií vyzařovanou vnitřním referenčním zdrojem, přičemž je citlivý pro měření v infračerveném pásmu.

Záření, které vyzařuje sledovaný předmět, prochází čočkou k zrcadlu, které odráží infračervené záření do detektoru a viditelné světlo nechá projít do okuláru k lidskému oku. Když člověk zjistí, že je předmět špatně zaměřen, může změnit úhel pohledu, případně zaostřit, či změnit polohu předmětu.

Dalším důležitým prvkem automatického optického pyrometru je kalibrační chlopeň, která je ovládána cívkou ze zesilovače. Úkolem kalibrační chlopně je vždy po aktivaci přerušit záření přicházející skrze čočku přes dichronické zrcadlo tak, aby mohla být do detektoru zaostřena kalibrační lampa (vnitřní referenční zdroj). Tím je zajištěno střídavé ozařování detektoru paprsky z měřeného předmětu a z referenčního zdroje. Výstupem je pak naměřená teplota.

Mezi detektorem a kalibrační chlopní je ještě umístěna optická clona a filtr. Celý systém je zachycen schématem na obrázku 1-1, který je na následující stránce.

[1] Dichronické zrcadlo propouští a odráží světlo podle toho, jakou má vlnovou délku.



Obr. 1-1 Schéma systému (uspořádání prvků a vazeb v automatickém optickém pyrometru)

1.2 Zápis systému jazykem tabulek

V následujících dvou tabulkách jsou uvedeny všechny prvky a vazby definovaného systému, přičemž každému prvku je přiřazena zkratka (viz tab. 0-1 a1-1) a každé vazbě je přiřazeno číselné označení (viz tab. 1-2)[2].

Tab. 1-1 Tabulka prvků

PRVEK	OZNAČENÍ PRVKU	PŘEDCHOZÍ PRVEK	NÁSLEDUJÍCÍ PRVEK
Měřený předmět	**MP**	ČI	Č
Čočka	**Č**	MP	DZ
Dichroické zrcadlo	**DZ**	Č	NO, KC
Nastavitelný okulár	**NO**	DZ, ČI	ČI
Člověk	**ČI**	NO	NO, MP
Kalibrační chlopeň	**KC**	DZ, Z, KL	OC
Zesilovač	**Z**	D	KC
Kalibrační lampa	**KL**		KC
Optická clona	**OC**	KC	F
Filtr	**F**	OC	D
Detektor	**D**	F	V
Výstup	**V**	D	

Tab. 1-2 Tabulka vazeb

ČÍSLO VAZBY	ZAČÍNÁ V PRVKU	URČENA PRVKU
1	MP	Č
2	Č	DZ
3	DZ	NO
4	NO	ČI
5	ČI	NO
6	ČI	MP
7	DZ	KC
8	KL	KC
9	KC	OC
10	OC	F
11	F	D
12	D	Z
13	Z	KC
14	D	V

[2] Tato označení budou pro názornost používána ve všech následujících schématech a tabulkách.

1.3 Zápis systému maticemi

Všeobecně se používají čtyři typy matic, kterými lze zapsat daný systém:

- matice Spp (prvek-prvek), viz tab. 1-3 – hodnoty matice představují existenci vazby mezi dvěma prvky (případně ohodnocení hrany),
- matice Spv (prvek-vazba), viz tab. 1-4 – hodnoty matice představují návaznost vazby na prvek,
- matice Svp (vazba-prvek), viz tab. 1-5 – hodnoty matice představují návaznost prvku na vazbu,
- matice Svv (vazba-vazba), viz tab. 1-6 – hodnoty matice představují existenci prvku mezi dvěma vazbami (případně ohodnocení důležitosti, nebo počtu prvků).

Tab. 1-3 Matice Spp

Spp	**MP**	**Č**	**DZ**	**NO**	**ČI**	**KC**	**Z**	**KL**	**OC**	**F**	**D**	**V**
MP		1										
Č			1									
DZ				1		1						
NO					1							
ČI	1			1								
KC									1			
Z						1						
KL						1						
OC										1		
F											1	
D							1					1
V												

Tab. 1-4 Matice Spv (prvek-vazba)

Spv	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
MP	1													
Č		1												
DZ			1				1							
NO				1										
ČI					1	1								
KC									1					
Z													1	
KL								1						
OC										1				
F											1			
D												1		1
V														

Tab. 1-5 Matice Svp (vazba-prvek)

Svp	MP	Č	DZ	NO	ĆI	KC	Z	KL	OC	F	D	V
1 (MP→Č)		1										
2 (Č→DZ)			1									
3 (DZ→NO)				1								
4 (NO→ČI)					1							
5 (ČI→NO)				1								
6 (ČI→MP)	1											
7 (DZ→KC)						1						
8 (KL→KC)						1						
9 (KC→OC)									1			
10 (OC→F)										1		
11 (F→D)											1	
12 (D→Z)							1					
13 (Z→KC)						1						
14 (D→V)												1

Tab. 1-6 Matice Svv (vazba-vazba)

Svv	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1 (MP→Č)		1												
2 (Č→DZ)			1				1							
3 (DZ→NO)				1										
4 (NO→Čl)					1	1								
5 (Čl→NO)				1										
6 (Čl→MP)	1													
7 (DZ→KC)									1					
8 (KL→KC)									1					
9 (KC→OC)										1				
10 (OC→F)											1			
11 (F→D)												1		1
12 (D→Z)													1	
13 (Z→KC)									1					
14 (D→V)														

2 Dekompozice systému

Dekompozice systému je jednou z úloh systémové analýzy, která řeší rozklad systému na podsystémy podle daných hledisek, přičemž je třeba dbát na dodržení následujících postulátů:

- postulát integrity – nedojde ke ztrátě jakékoli části systému,
- postulát soudržnosti – z dekomponovaného systému lze opět sestavit systém původní,
- postulát rovnoměrnosti – dekomponované části jsou přibližně stejně složité.

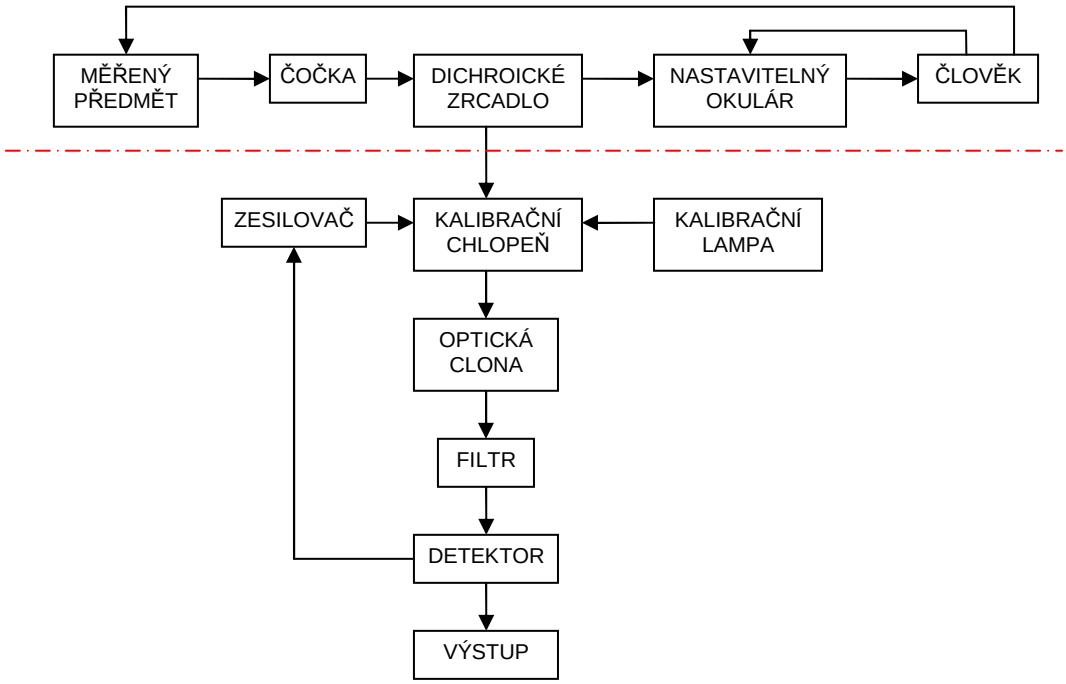
Všeobecně rozlišujeme dekompozici topologickou, funkční, věcnou a hierarchickou. V následujících odstavcích jsou jednotlivé dekompozice stručně popsány a aplikovány na zvolený systém (automatický optický pyrometr).

2.1 Topologická dekompozice

Hlavním hlediskem topologické dekompozice je minimalizace vazeb dekomponovaných částí systémů s okolím. Při pohledu na schematické znázornění zvoleného systému a v souladu s postulátem rovnoměrnosti lze přímo provést následující topologickou dekompozici:

1. podsystém – prvky: MP, Č, DZ, NO, Č,
2. podsystém – prvky: KC, KL, Z, OC, F, D, V.

Grafické znázornění topologické dekompozice zvoleného systému je na následujícím obrázku:



Obr. 2-1 Znázornění topologické dekompozice systému

2.2 Funkční dekompozice

Funkční dekompozice je charakterizována tím, že jednotlivé dekomponované části vykonávají určité makrofunkce.

U zvoleného systému lze identifikovat dvě makrofunkce:

1. funkce měřicí a vyhodnocovací – prvky: MP, Č, DZ, KC, KL, Z, OC, F, D, V
2. funkce kontrolní (člověk kontroluje, zda je předmět správně umístěn) – prvky: MP, Č, DZ, NO, Čl

2.3 Věcná dekompozice

Věcné dekompozici se také někdy říká obsahová, případně sémantická a dekomponované části systému by měly být tvořeny prvky se stejnými vlastnostmi.

Zvolený systém lze rozčlenit do několika podsystémů z hlediska společných vlastností:

1. prvky, které nejsou přímo součástí měřicího zařízení (optického pyrometru): MP, Čl, V
2. optické prvky v pyrometru: Č, DZ, NO, OC, F
3. prvky, které doplňují prvky optické tak, aby bylo měření efektivní Z, KL, KC, D

2.4 Hierarchická dekompozice

Tato dekompozice se uplatňuje, jak již název napovídá, u hierarchických systémů. Dekompozice se pak provádí následujícími způsoby:

- po vrstvách – dekomponovaná část systému je tvořena prvky ze stejné hierarchické úrovně,
- po větvích – dekomponovaná část systému je tvořena prvky dané větve.

Hierarchická dekompozice je pro zvolený systém nevhodná, jelikož automatický optický pyrometr nepředstavuje hierarchický systém. Kromě jiného se v systému vyskytují zpětné vazby, které neodpovídají hierarchickému uspořádání systému.

3 Chování systému a genetický kód

Chování systému můžeme všeobecně charakterizovat jako množinu procesů systému, kterou lze pozorovat v daném časovém úseku a okolí. Systémová analýza se zabývá nejrůznějšími úlohami o chování systému. Tato práce je však omezena na základní model chování, který je zachycen grafy, maticemi a množinami dílčího chování[3]. Na závěr kapitoly je provedena identifikace genetického kódu v systému.

Důležitým pojmem v analýze chování systému je již zmíněné dílčí chování. To je definováno jako podmnožina procesů aktivovaných při dané množině vstupů systému I_i. Chování systému F je tedy pak sjednocením všech dílčích chování F_i pro všechny možné vstupy [2].

V systému, který je předmětem našeho zájmu, byla definována 4 dílčí chování:

1. Nastavení předmětu (F_1) – pro měření teploty daného předmětu je třeba určit jeho správnou polohu a mít jej správně zaostřen,
2. Detekce infračerveného záření vyzařovaného předmětem (F_2),
3. Detekce záření z referenčního zdroje a následné vyhodnocení detektorem (F_3),
4. Změna nastavení kalibrační chlopně (F_4) – detektor potřebuje střídavě získávat hodnoty z naměřeného předmětu a referenčního zdroje.

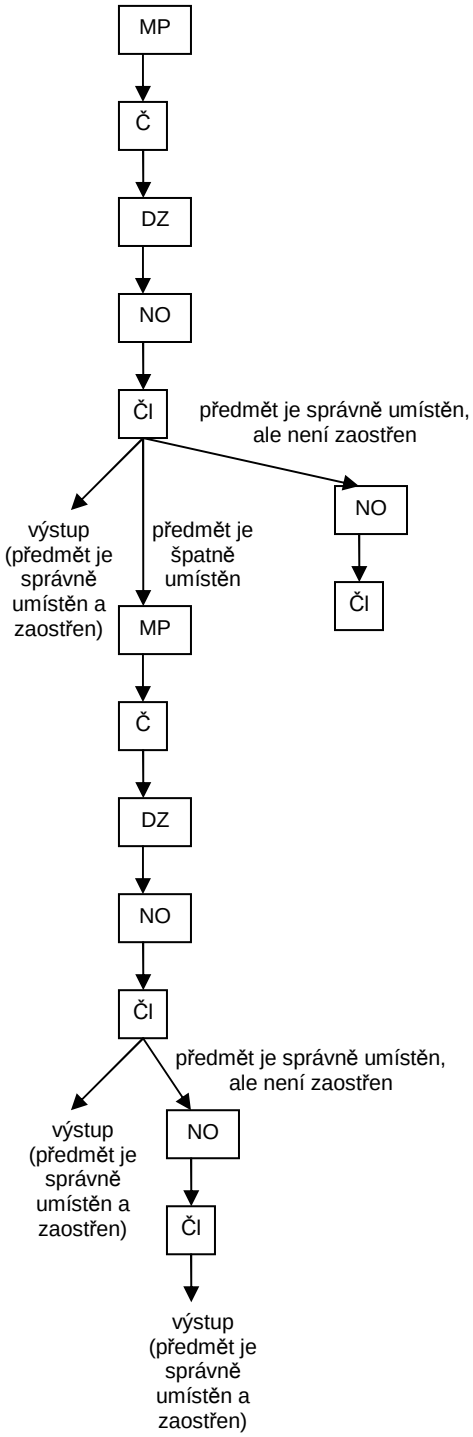
3.1 Grafy dílčího chování

Grafem dílčího chování je orientovaný graf, jehož uzly představují stavy systému[4] pro danou množinu vstupů. Hrany pak představují jednotlivé události a cesty v grafu interpretujeme jako procesy.

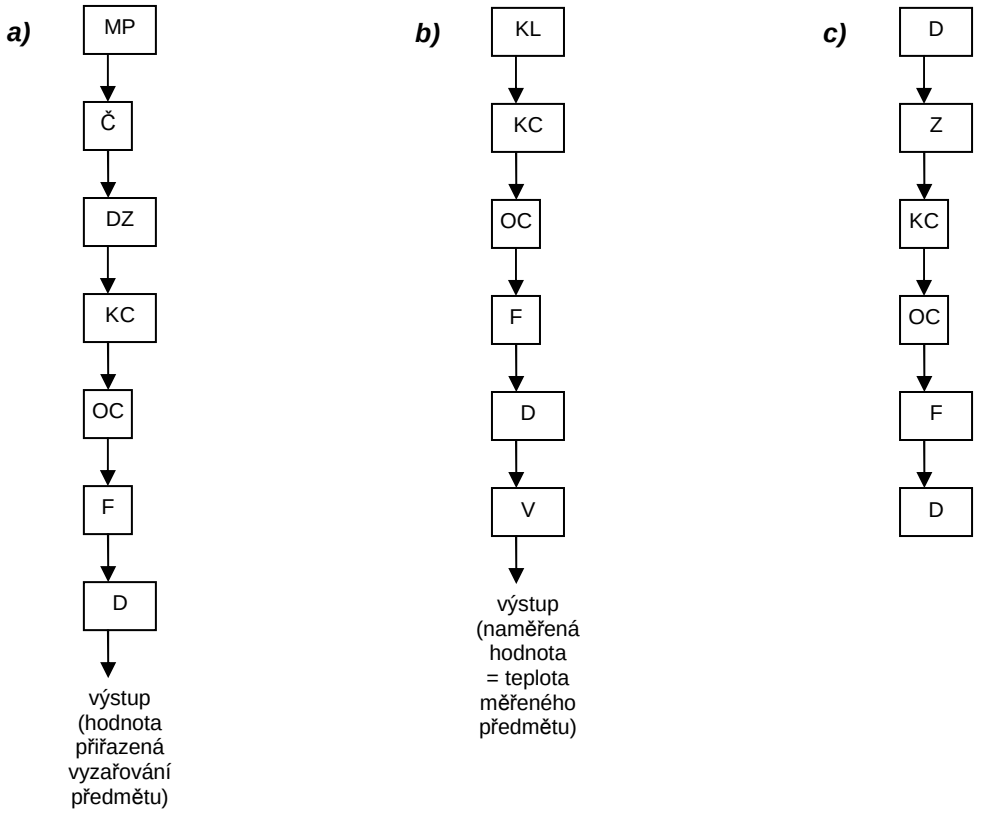
Jednotlivé grafy jsou uvedeny na obrázcích 3-1 a 3-2.

[3] Za účelem přehlednosti a zjednodušení nejsou ve zpracované úloze uvažovány paralelní procesy (v určitém okamžiku může být aktivována jenom jedna vnější událost).

[4] Stavem systému lze rozumět podmnožinu prvků systému, jejichž funkce jsou aktivní v daném systémovém čase. V případě zvoleného systému lze tedy považovat za stav časový okamžik, kdy je daný prvek aktivní.



Obr. 3-1 Přechodový podgraf: Nastavení předmětu



Obr. 3-2 Přechodové podgrafy ***a) Detekce infračerveného záření, které je vyzařováno předmětem,***
b) Detekce záření z referenčního zdroje a vyhodnocení detektorem,
c) Změna nastavení kalibrační chlopně

3.2 Matice dílčího chování systému

Matice dílčího chování je v podstatě maticí sousednosti (matice prvek-prvek) grafu dílčího chování. Matice odpovídající jednotlivým grafům jsou uvedeny v tabulkách 3-1 až 3-4.

Tab. 3-1 Matice dílčího chování D_1

D_1	MP	Č	DZ	NO	ČI
MP		1			
Č			1		
DZ				1	
NO					1
ČI	1			1	

Tab. 3-2 Matice dílčího chování D_2

D_2	MP	Č	DZ	KC	OC	F	D
MP		1					
Č			1				
DZ				1			
KC					1		
OC						1	
F							1
D							

Tab. 3-3 Matice dílčího chování D_3

D_3	KL	KC	OC	F	D	V
KL		1				
KC			1			
OC				1		
F					1	
DZ						1
V						

Tab. 3-4 Matice dílčího chování D_4

D_4	D	Z	C	OC	F
D		1			
Z			1		
C				1	
OC					1
F	1				

Množinou všech matic dílčího chování je tzv. standardní matice dílčího chování, která v podstatě charakterizuje celkové chování systému (viz tab. 3-5).

Tab. 3-5 Standardní matice dílčího chování SD

SD	MP	Č	DZ	NO	ČI	KC	KL	Z	OC	F	D	V
MP		1										
Č			1									
DZ				1		1						
NO					1							
ČI	1			1								
KC									1			
KL						1						
Z						1						
OC										1		
F											1	
D								1				1
V												

3.3 Množiny dílčího chování

Množinou dílčího chování rozumíme množinu všech procesů mezi vstupními a výstupními prvky:

F_1 $\quad f_1^1 : Č \rightarrow DZ \rightarrow NO \rightarrow Čl$

$f_2^1 : Č \rightarrow DZ \rightarrow NO \rightarrow Čl \rightarrow NO \rightarrow Čl$

$f_3^1 : Č \rightarrow DZ \rightarrow NO \rightarrow Čl \rightarrow MP \rightarrow Č \rightarrow DZ \rightarrow NO \rightarrow Čl$

$f_3^1 : Č \rightarrow DZ \rightarrow NO \rightarrow Čl \rightarrow MP \rightarrow Č \rightarrow DZ \rightarrow NO \rightarrow Čl \rightarrow NO \rightarrow Čl$

F_2 $\quad f_1^2 : MP \rightarrow Č \rightarrow DZ \rightarrow KC \rightarrow OC \rightarrow F \rightarrow D$

F_3 $\quad f_1^3 : KL \rightarrow KC \rightarrow OC \rightarrow F \rightarrow D \rightarrow V$

F_4 $\quad f_1^4 : D \rightarrow Z \rightarrow KC \rightarrow OC \rightarrow F \rightarrow D$

3.4 Genetický kód

Genetický kód daného systému je množina procesů s nejvyšším počtem silných funkcí. Pro zvolený systém tedy genetický kód vypadá následujícím způsobem:

$KC \rightarrow OC \rightarrow F \rightarrow D$

4 Závěr

V této práci byly úspěšně aplikovány vybrané úlohy a metody systémové analýzy na zvoleném systému, na principu bezkontaktního měření teploty automatickým optickým pyrometrem.

Velkým přínosem celé práce se stal fakt, že se podařilo najít vhodný systém, týkající se mé práce na projektu Softwarové nástroje pro zpracování obrazu z termovizních měření. Hledání vhodného systému nakonec nebylo tak obtížné a na závěr mohu konstatovat, že se naprosto ztotožňuji s Gainesovu definici systému, která byla uvedena na počátku.

Literatura a jiné zdroje informací

[1] Kučerová, H.: Projektování informačních systémů. Sylaby ke kurzu. Vyšší odborná škola informačních služeb, Praha, 2007, [online] http://web.sks.cz/users/ku/DOKUMENTY/pri_syl.pdf

[2] Votruba, Z., Kaliková, J., Kalika, M.: Systémová analýza. Praha, ČVUT 2008

[3] Zpravodaj pro měření a regulaci: Soubor technických informací vydávaných firmou Omega, číslo 1, 2. vydání, str. 24 – 31, [online] http://www.newport.cz/techinfo/PDF/techinfo_1.pdf