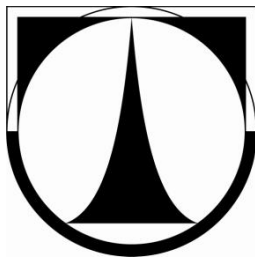


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

Katedra hodnocení textilií

Obor: Management jakosti



**VYUŽITÍ OBRAZOVÉ ANALÝZY PRO
ODHAD DOSTAVY TKANINY**

**WEAVING DENSITY EVALUATION WITH
THE AID OF IMAGE ANALYSIS**

Autor diplomové práce: Lenka Techniková

Vedoucí diplomové práce: Ing. Maroš Tunák, PhD.

Počet stran: 78
Počet obrázků: 16
Počet tabulek: 10

Počet příloh: 2
Počet obrázků: 18

Datum: 17. května 2010

Prohlášení

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum 17. 5. 2010

Podpis

Zadání bakalářské práce

(vložit originál)

PODĚKOVÁNÍ

V této části bych chtěla poděkovat svému vedoucímu diplomové práce Ing. Marošovi Tunákovi, PhD. za jeho odborné vedení, rady, trpělivost a čas, který mi věnoval. Za velkou podporu během studia a vzniku této práce bych chtěla také poděkovat celé mé rodině a všem svým blízkým.

Anotace

V diplomové práci byla otestována a ověřena efektivita vybraných metod automatického stanovení dostavy různých druhů tkanin. Pro zjištění dostavy prostřednictvím těchto metod byla vybrána sada vzorků s tkaninami v plátňové, keprové, atlasové vazbě a vzorované tkaniny. Základní princip automatického určení dostavy vzorků vycházel z obrazové analýzy nasnímaných obrazů tkanin. Obrazy tkaniny byly pořízeny skenováním a bylo je zapotřebí předzpracovat. Mezi aplikované metody patřila metoda profilové úrovně šedi, metoda rozložení obrazu pomocí Wienerova filtru a mediánového filtru, metoda matice vzájemného výskytu úrovní šedi a metoda automatického určení dostavy pomocí 2D DFT. Z výsledných hodnot dostavy vzorků vyplývá, že méně náročnější metody často generují přesnější výsledky. Obecně ale nelze přesně definovat, která z metod je nejefektivnější pro výpočet dostavy různých druhů tkanin.

Annotation

In this diploma thesis were tested and evaluated efficiency of selected methods for automatic assessing of weaving density for different kind of fabrics. Set of fabrics samples in plain, twill, satin weave structure and patterned fabrics were selected for assessing of weaving density. Methods were based on image analysis of woven fabric images. Images of samples were captured by scanning and it was necessary preprocessing. Applied methods included gray level profile method, method based on image decomposition with Wiener and median filter, method based on co – occurrence matrix and method with the aid of 2D DFT. The results show that less complex method were more accurately in assessment. Generally, it is not possible to define exactly, which one of methods is the most effective for weaving density calculation of different kind of fabrics.

Klíčová slova:

Dostava, obrazová analýza, profilová úroveň šedi, Wienerův filtr, mediánový filtr, matice vzájemného výskytu úrovní šedi, Fourierova transformace.

Keywords:

Weaving Density, Image Analysis, Gray Profile Level, Wiener Filter, Median Filter, Co – occurrence Matrix, Fourier Transform.

OBSAH

Seznam použitých symbolů a zkratek.....	8
1 Úvod.....	10
2 Souhrn současné situace	11
3 Digitální obraz	14
3.1 Typy digitálních obrazů	15
3.1.1 Binární obraz	15
3.1.2 Monochromatický obraz.....	16
3.1.3 Barevný obraz.....	16
4 Tkaniny	17
4.1 Vazby tkaniny	17
4.1.1 Plátňová vazba.....	17
4.1.2 Keprová vazba	18
4.1.3 Atlasová vazba.....	18
4.2 Základní parametr tkaniny – dostava	18
5 Obrazová sada vzorků.....	20
5.1 Způsob pořízení obrazu tkanin.....	20
5.2 Předzpracování obrazu tkanin	23
6 Metody zjištění dostavy tkaniny	25
6.1 Metoda profilové úrovně šedi (GLPM).....	25
6.1.1 Princip metody GLPM	25
6.1.2 Příklad aplikace metody GLPM na tkanině v plátňové vazbě	28
6.1.3 Aplikace metody GLPM na sadě vzorků.....	29
6.1.4 Výsledky metody GLPM.....	31
6.1.5 Zhodnocení metody GLPM.....	33
6.2 Metoda rozložení obrazu pomocí Wienerova filtru (DIDWF)	33
6.2.1 Princip metody DIDWF	34
6.2.2 Příklad aplikace metody DIDWF na vzorované tkanině v atlasové vazbě.....	34
6.2.3 Aplikace metody DIDWF na sadě vzorků.....	35
6.2.4 Výsledky metody DIDWF	39
6.2.5 Zhodnocení metody DIDWF	41
6.3 Metoda rozložení obrazu pomocí mediánového filtru (DIDMF).....	42
6.3.1 Princip metody DIDMF.....	42

6.3.2 Příklad aplikace metody DIDMF na vzorované tkanině v plátňové vazbě	42
6.3.3 Aplikace metody DIDMF na sadě vzorků	43
6.3.4 Výsledky metody DIDMF	46
6.3.5 Zhodnocení metody DIDMF	48
6.4 Metoda matice vzájemného výskytu úrovní šedi (GLCM).....	49
6.4.1 Charakteristiky druhého řádu získané z GLCM.....	51
6.4.2 Princip metody GLCM	52
6.4.3 Příklad aplikace metody GLPM na tkanině v keprové vazbě	53
6.4.4 Aplikace metody GLCM na sadě vzorků	55
6.4.5 Výsledky metody GLCM	59
6.4.6 Zhodnocení metody GLCM	60
6.5 Spektrální přístup	61
6.6 Dvojměrná diskrétní Fourierova transformace	61
6.6.1 Princip automatického určení dostavy tkaniny pomocí 2D DFT	62
6.6.2 Fischerův test periodicity	62
6.6.3 Příklad aplikace metody 2D DFT na vzorované tkanině v keprové vazbě	63
6.6.4 Aplikace metody 2D DFT na sadě vzorků	64
6.6.5 Výsledky metody 2D DFT	67
6.6.6 Zhodnocení metody 2D DFT.....	69
6.7 Podmínky správného výpočtu dostavy tkaniny.....	70
6.8 Příklad nefunkčnosti metod automatického určení dostavy tkaniny.....	71
7 Závěr	74
Literatura.....	76
Přílohy.....	78

Seznam použitých symbolů a zkratek

$f(x,y)$	Dvojměrná funkce souřadnic x, y
x, y	Souřadnice pixelu
M	Počet řádků matice
N	Počet sloupců matice
r	<i>row</i> – řádek matice
c	<i>column</i> – sloupec matice
tzn.	To znamená
např.	Například
dpi	Dots per inch
<i>Pixel</i>	<i>Picture element</i> – obrazový prvek
RGB	R – Red, G – Green, B – Blue
GLPM	<i>Gray Line Profile Method</i>
GLCM	<i>Gray Level Co – occurrence Matrices</i>
G	Počet úrovní šedi
R	Rozlišení
N_1	Počáteční pixel
N_2	Konečný pixel
N_v	Počet opakování
D_o	Dostava osnovy
D_u	Dostava útku
P	Plátňová vazba
K	Keprová vazba
A	Atlasová vazba
VP	Vzorovaná tkanina v plátňové vazbě
VK	Vzorovaná tkanina v keprové vazbě
VA	Vzorovaná tkanina v atlasové vazbě
VR	Vzorovaná tkanina v kombinované vazbě
$G_r(k)$	Funkce, průměrná hodnota šedi k -tého řádku
$G_s(k)$	Funkce, průměrná hodnota šedi k -tého sloupce
$I(x,y)$	Intenzita šedi pixelu v x, y souřadnicích
n	Filtrační velikost
n_o	Filtrační velikost pro osnovu
n_u	Filtrační velikost pro útek
<i>Diffcm</i>	Hodnota rozteče mezi nitěmi v cm
PV	Pixelová vzdálenost
d	Vzdálenost mezi dvěma pixely
θ	Úhel mezi dvěma sousedními pixely
p	Prvek matice GLCM
FT	Fourierova transformace
2D DFT	<i>2 Dimensional Discrete Fourier Transform</i> – Dvojměrná diskretní Fourierova transformace
2D DIFT	<i>2 Dimensional Inverse Discrete Fourier Transform</i> – Dvojměrná diskretní inverzní Fourierova transformace
μ_x	Střední hodnota přes řádky obrazu
μ_y	Střední hodnota přes sloupce obrazu
σ^2	Rozptyl
σ_x	Směrodatná odchylka přes řádky obrazu

σ_y	Směrodatná odchylka přes sloupce obrazu
W	Okno obrazu
$g(x,y)$	Vstupní hodnota pixelu v souřadnicích x, y
v^2	Rozptyl šumu
u, v	Frekvenční proměnné
$F(u,v)$	Fourierovy koeficienty rozvoje
DC	<i>Direct Current</i> – komponenta Fourierovy transformace
$R(u,v)$	Reálná část $F(u,v)$
$I(u,v)$	Imaginární část $F(u,v)$
$P(u,v)$	Výkonové spektrum
$I(\omega)$	Periodogram
Δw	Šířka výřezu hlavního směru
u_0, v_0	Střed Fourierova obrazu spektra
ε_t	Bílý šum
ω_p	Frekvence
ω_j	První nejvýznamnější frekvence

1 Úvod

Dostava je jeden z nejdůležitějších konstrukčních parametrů tkaniny, jejíž hodnota je v současné době zjišťována zejména ruční metodou. Tento parametr tkaniny ovlivňuje hustotu tkaniny, tzn. zda je tkanina hustá nebo řídká. Ruční metoda stanovení dostavy tkaniny je ale z potřeby manuálních operací pro operátora velmi časově i zrakově náročná. Právě z tohoto důvodu je v textilním průmyslu důležitý vývoj automatického stanovení dostavy tkaniny s využitím výpočetní techniky. Problémem automatického vyhodnocení dostavy různých druhů vazeb i vzorů tkanin se v současné době zabývá několik studií.

Hlavní princip metod automatického vyhodnocení dostavy tkanin vychází z obrazové analýzy, na jejímž základě se podle zadaných algoritmů vygeneruje hodnota dostavy osnovy a útku konkrétního vzorku tkaniny. Pro využití obrazové analýzy je zapotřebí pořízené obrazy tkanin předzpracovat. Barevné obrazy tkanin se převedou na monochromatické obrazy, které tvoří matici hodnot úrovní šedi jednotlivých pixelů obrazu. Vertikální směr v obrazové matici vyjadřuje směr osnovy tkaniny a horizontální směr útku. Z toho vychází základ pro metody automatického určení dostavy tkaniny založené na obrazové analýze.

Cílem této práce je ověřit, zhodnotit a porovnat efektivitu vybraných metod pro odhad dostavy tkanin s různými druhy vazeb a vzorů v prostředí programu MATLAB. Mezi aplikované metody patří metoda profilové úrovně šedi, metoda rozložení obrazu pomocí Wienerova filtru a mediánového filtru, metoda matice vzájemného výskytu úrovní šedi a metoda automatického určení dostavy pomocí 2D DFT. Pro experiment bude použita sada čtyř skupin vzorků tkanin. Mezi tyto skupiny patří vzorky tkanin v plátňové, keprové, atlasové vazbě a vzorované tkaniny. Obrazová sada vzorků bude pořízena skenováním při rozlišení obrazu 400 a 600 *dpi*. Pro každou metodu bude zpracován princip, postup, bude uveden příklad aplikace dané metody na vybraném vzorku a vyhodnocení efektivit metody na základě získaných hodnot dostavy vzorků. Efektivita aplikovaných metod na sadě vzorků tkanin bude posuzována v porovnání s výslednými hodnotami dostavy zjištěnými ruční metodou páření.

2 Souhrn současné situace

V současné době se vývojem metod automatického zjištění dostavy tkaniny zabývá několik studií. Tyto studie se zaměřují na principy určování dostavy osnovy a útku tkaniny zejména prostřednictvím obrazové analýzy. Níže uvedený přehled studií představuje metody, které budou v této práci aplikovány.

Autoři práce [1] pro automatické stanovení dostavy tkaniny použili metodu profilové úrovně šedi. Pro experiment byly vybrány 3 vzorky plátnové vazby, 2 vzorky keprové a 1 vzorek atlasové vazby. Obrazy tkanin byly zachyceny pomocí skeneru s různým rozlišením a poté se převedly na monochromatické obrazy. Princip této metody spočívá ve výpočtu průměrné hodnoty šedi v horizontálním a vertikálním směru matice obrazu. Z průměrných hodnot šedi v řádcích a sloupcích obrazové matice byl sestaven graf profilové úrovně šedi. Tento graf má periodický průběh, v němž se vyhledávají pozice lokálních minim, která určují hranice mezi nitěmi. Hlavní problém zde ale je, že těchto lokálních minim je velmi mnoho. Proto bylo důležité najít algoritmus pro určení, zda je nebo není hodnota pixelu lokálním minimem mezi jeho n sousedy. Pokud je hodnota pixelu menší než jeho n sousedů, pak je považován za lokální minimum. Pokud je hodnota pixelu větší než jeho n sousedů, pak se jedná o lokální maximum. Na tomto principu je založeno stanovení počtu nití tkaniny na zvolenou jednotku délky tkaniny. V této práci je metoda profilové úrovně šedi porovnávána s metodou dvojrozměrné Fourierovy transformace 2D DFT (*2 Dimensional Discrete Fourier Transform*). Výhodou oproti metodě 2D DFT je, že není zapotřebí předzpracovat a filtrovat obraz tkaniny.

Metodu automatického rozpoznání tkaniny prostřednictvím rozložení digitálního obrazu představili autoři práce [2]. Princip této metody je založený na rozdělení obrazu tkaniny na dva obrazy prostřednictvím hodnot Wienerova filtru, který je přizpůsobený pro textury tkanin. První obraz je rozložen ve směru horizontálním, který představuje útkové nitě, druhý obraz je rozložen ve směru vertikálním a ten představuje nitě osnovní. Obraz tkaniny je zapotřebí předzpracovat prahováním na binární obraz, ze kterého se počítá hodnota dostavy. Tato metoda byla aplikována na tkaninách v plátnové, keprové a atlasové vazbě. Dále autoři této práce použili zmíněnou metodu kromě dostavy tkaniny i na jiné parametry tkaniny, jako je průměr nití, rozteč mezi nitěmi a jejich rozptyl.

Vývoj metody na měření dostavy útkových nití přímo na tkalcovském stroji prostřednictvím technik zpracování obrazu je uveden v práci [3]. Snímek obrazu útkových nití tkaniny je získán pomocí digitální kamery, která je umístěna uprostřed tkalcovského stroje. Světelný zdroj laserových paprsků je upevněný na tkalcovském stroji horizontálně ve směru útku tak, aby mohla být získána vzdálenost mezi útkovými nitěmi vedle sebe. Výrazná barva referenčních světel udává pozice linií pro snadné určení průměrných hodnot z řádků obrazu. V této práci se používá metoda mediánového filtru s jádrem ve tvaru řádkového vektoru.

Efektivitu a přesnost metody matic vzájemného výskytu úrovní šedi pro kontrolu dostavy tkaniny hodnotí článek [4]. Tato metoda se aplikovala na plátňovou, keprovou a atlasovou vazbu tkanin. Princip spočívá v nasnímání obrazů všech tří typů vazeb tkaniny a následného určení matic vzájemného výskytu úrovní šedi. Na tomto základě byla vypočítána texturní číselná charakteristika kontrast pro 64 pozic obrazových bodů ve dvou směrech a to 0° a 90° , které byly použity pro výpočet dostavy. Hodnoty dostavy tkaniny získané experimentem byly porovnány s hodnotami, které byly získány ruční metodou páráním. Po porovnání těchto hodnot bylo zjištěno, že tato metoda je nejvhodnější pro jednobarevné tkaniny v plátňové vazbě.

Automatické rozpoznání vzorů tkanin na základě autokorelace pomocí obrazové analýzy popisuje práce [5]. Jedna z prvních prací, která se zabývala klasifikací texturních charakteristik prostřednictvím matice vzájemného výskytu úrovní šedi je práce [6].

V práci [7] autoři uvedli studii vývoje systému pro automatickou analýzu struktury tkaniny a objektivního hodnocení kvality, kdy lze rychle získat přesné výsledky. V tomto experimentu byly pro rychlé a objektivní naměření dat použity různé techniky obrazové analýzy. Navržený systém obrazové analýzy se skládá ze vstupního zařízení, osvětlovacího zařízení, počítače pro analýzu obrazu, softwaru pro zpracování a analýzu obrazu. Účelem zde bylo automaticky vyhodnotit konstrukční parametry tkaniny, jako je například dostava tkaniny, tloušťka materiálu, zakrytí tkaniny na jednotku plochy, prostřednictvím zpracování obrazu a obrazové analýzy. Navíc se autoři v této práci také zabývají metodami zpracování obrazu pro potlačení šumu a zvýšení kontrastu v obraze. Pro porovnání a potvrzení správnosti získaných experimentálních výsledků manuálně vyhodnotili parametry struktury materiálu

a hodnoty navzájem porovnali. Mimo jiné autoři studovali metodu detekce vad způsobených změnou dostavy tkaniny.

Metoda rychlé Fourierovy transformace 2DFT pro zpracování obrazu a rozpoznání vzoru tkaniny byla použita v práci [8]. Byly zde popsány postupy týkající se použití 2DFT technik zpracování obrazu za účelem automatického získání vzoru tkaniny, nestejnomyšlnosti nitě a jiných charakteristik struktury tkaniny. Pro výkonové spektrum se uvažovala dvojrozměrná funkce ve frekvenční oblasti, díky níž se oddělily spojené elementy v obraze tkaniny. Principem jsou vrcholy ve frekvenčním spektru obrazu korespondující s frekvenčními podmínkami opakujících se elementů, ze kterých mohou být rozpoznány základní vazby tkaniny. Pro filtraci obrazu ve frekvenční oblasti za účelem potlačení šumu autoři použili Fourierovo filtrování obrazu. Zpětnou Fourierovou transformací (2DIFT) byl vytvořen obnovený obraz tkaniny, který již obsahoval pouze požadované opakování struktury. Autoři také zkoušeli aplikovat techniky FT pro identifikování základních vazeb tkanin a měření strukturních charakteristik. Hlavním cílem této studie byl vývoj systému pro analýzu struktury materiálu.

Automatické zhodnocení dostavy tkaniny prostřednictvím obnoveného obrazu tkaniny užívající spektrální vztah je řešeno v práci [9]. Tato metoda byla testována na dvanácti vzorcích materiálu v plátňové, keprové a atlasové vazbě. Obrazy tkanin byly nasnímány skenerem s rozlišením 400 *dpi* (dots per inch) s 256 stupni šedi a byly uloženy jako matice obrazu. Obnovený obraz z jedné soustavy nití byl získán pomocí 2DIFT. Prostřednictvím Fisherova testu periodicity byly zjištěny významné opakující se komponenty určité frekvence s modelem časové řady. Celý proces je automatický, kde vstupní proměnou je rozlišení obrazu a výstupní proměnou je dostava tkaniny. Metodu lze aplikovat i na detekci vad tkanin způsobených změnou dostavy tkaniny. Za tímto účelem jsou použity regulační diagramy, které sledují změnu dostavy tkaniny v útkovém směru oproti očekávané hodnotě, a indikují tak vadu struktury tkaniny. Jedná se o rychlou nedestruktivní metodu stanovení dostavy tkaniny.

Mezi další články, které aplikují FT v rámci zjištění různých charakteristik textilií se řadí práce [10], která se zabývá analýzou obrazu tkanin v plátňové vazbě. Stanovení dostavy vzorovaných tkanin a tkanin v atlasové vazby na základě FT popisuje článek [11]. Charakterizování vzorů v textiliích pomocí FT je uvedeno v práci [12].

3 Digitální obraz

Digitální obraz představuje dvojrozměrnou funkci $f(x,y)$, kde x, y jsou prostorové souřadnice a amplituda f je intenzita v určitém bodě obrazu. Pro zpracování obrazu v počítači musí být obrazová funkce digitalizována. Digitalizování hodnot souřadnic se nazývá vzorkování a digitalizování hodnot amplitudy se nazývá kvantování. Vzorkováním obrazu se uspořádávají jednotlivé body do rastru a určuje se vzdálenost mezi pixely v rastru. Při digitalizaci dochází také ke kvantování spojité jasové úrovně každého vzorku do k úrovní. Po tomto kroku nabývá jasová funkce v digitalizovaných obrazech celočíselných hodnot. Počet kvantovacích úrovní musí být dostatečný, aby pokryl i jemné detaily obrazu. Množství kvantovacích úrovní je vyjádřeno pomocí vztahu

$$k = 2^b, \quad (1)$$

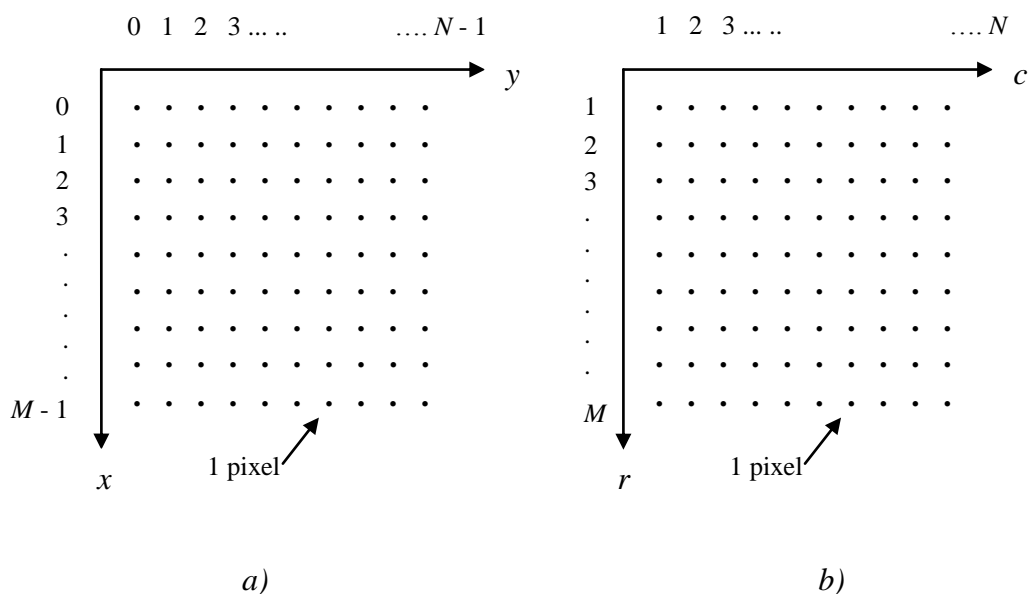
kdy k je počet úrovní jasu a b je počet bitů na jeden obrazový element. Poté, zdali jsou souřadnice x, y a hodnoty amplitudy f diskrétní, konečné, je obraz digitální [13].

Výsledkem vzorkování a kvantování je matice reálných čísel. Předpokladem je, že obraz $f(x,y)$ je vzorkován tak, že výsledný obraz má M řádků a N sloupců. Z toho vyplývá, že velikost matice obrazu je $M \times N$. V souřadném systému je počátek matice obrazu definován v bodech $(x,y) = (0,0)$, další hodnoty souřadnic podle prvního řádku v matici obrazu jsou $(x,y) = (0,1)$. Na obr. 1 a) je vyznačená konvence jednotlivých pozic pixelů v souřadném systému.

V případě konvence pixelů v rámci souřadného systému v programu MATLAB se používá zápis souřadnic (r,c) , kde r značí řádek (*row*) a c sloupec (*column*) v matici obrazu. U tohoto způsobu je počátek souřadného systému matice obrazu definován v bodech $(r,c) = (1,1)$, kdy r jsou řady čísel od 1 do M a c jsou řady čísel od 1 do N . Konvence jednotlivých pozic pixelů v souřadném systému v prostředí programu MATLAB pro zpracování obrazu je zobrazena na obr. 1 b). Tato dokumentace jednotlivých bodů v souřadném systému je zápisem souřadnic jednotlivých pixelů.

Pixel (*picture element* – obrazový prvek) je nejmenší jednotkou digitálního obrazu a představuje bod obrazu charakterizovaný svou intenzitou. Pixely vytváří čtvercovou síť, kdy každý z nich má svoji pozici udanou souřadnicemi. Digitální obraz je tvořen nespojitou řadou samostatných pixelů.

Rozlišení digitálního obrazu je udáváno v jednotkách dpi , které vyjadřují kolik bodů je obsaženo v délce jednoho palce obrazu [14].



Obr. 1 Konvence pro jednotlivé pozice pixelů v obrazové matici používaná ve většině literatur pro zpracování obrazu a) a v programu MATLAB b).

3.1 Typy digitálních obrazů

Digitální obraz je typem rastrového obrázku. Tento druh obrazu se skládá z posloupnosti pixelů, které jsou uspořádané dle souřadného systému do rastru. V každém pixelu je prostřednictvím bitů zaznamenána jeho barva. Každý pixel si proto nese svoji vlastní barevnou informaci. Podle této barevné informace rozlišujeme, zda se jedná o obraz binární, monochromatický nebo barevný [14].

3.1.1 Binární obraz

Je to typ rastrového obrázku, jehož jednotlivé pixely mohou nabývat jen dvou hodnot – nuly a jedničky. Jednička v obrazové matici značí bílou barvu a nula černou barvu v obrazu. Aby mohl být obraz v počítači zpracován, musí být převeden do binárního dvojkového kódu. Nejmenší jednotkou tohoto kódu je bit, který může nabývat pouze dvou hodnot – 0 a 1. Bity následují v posloupnosti po sobě. Binární obraz vzniká jako výsledek nějaké transformace, např. prahování.

3.1.2 Monochromatický obraz

Monochromatický obraz nebo také obraz ve stupních šedi je definovaný prostřednictvím hodnot odstínů jediné barvy. U těchto typů obrazu se jeden pixel nejčastěji skládá z 8 bitů. K reprezentaci obrazu se používá až 256 stupňů šedi. Každý obrazový bod má ve stupních šedi hodnotu jasu od 0 (černá) do 255 (bílá). Počet úrovní šedi 256 je vyjádřena ze vztahu (1) pro určení kvantovacích úrovní $k = 2^8 = 256$.

3.1.3 Barevný obraz

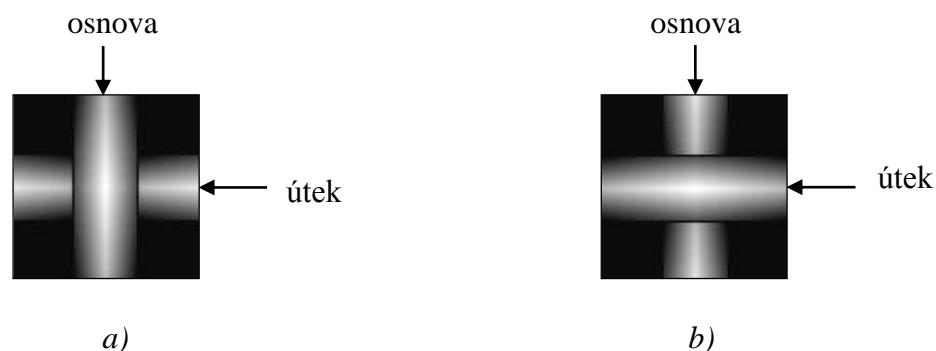
Barevný obraz se skládá ze tří kompozitních barev RGB – červené (R – Red), zelené (G – Green) a modré (B – Blue). Zde se jeden pixel skládá z tří bytů (1 byt je rovný 8 bitům), z nichž každý *byt* odpovídá jedné z kompozitních barev a vyjadřuje intenzitu odstínu barvy od nejslabší po nejsytější odstín. Každý pixel může obsahovat všechny tři barvy – jejich kombinace tvoří různé druhy barev. Pro každou barvu je 256 odstínů, proto každý pixel může obsahovat až 16 miliónů barev (256^3). Přibližná hodnota 16 miliónů barev vychází opět ze vztahu (1) po dosazení $k = 2^{3 \times 8}$.

4 Tkaniny

Tato práce se zabývá aplikací automatických výpočetních metod dostavy tkaniny v rámci různých typů vazeb a vzorů. Proto bude v následující části stručně popsána tkanina, typy vazeb a dostava jako základní parametr tkaniny.

Tkanina je periodicky opakující se struktura způsobená principem tkaní. Jedná se o plošnou textilií, která vzniká vzájemným provázáním nejméně dvou soustav nití a to osnovy a útku. Osnova je orientovaná v podélném směru a útek v příčném směru tkaniny. Vazba a vzor tkaniny jsou vytvořeny vzájemným provázáním osnovy a útku. Podle druhu vazby se identifikují jednotlivé typy tkanin. Vazba tkaniny ovlivňuje pružnost, tuhost, pevnost, splývavost, vzhled, tepelnou odolnost i omak tkaniny.

Vazný bod je místo překřížení osnovní nitě s útkovou nití. Na obr. 2 a), b) jsou znázorněny druhy vazných bodů. Pokud je osnovní nit nad útkovou, jedná se o osnovní vazný bod a ve střídě tkaniny se zakresluje černou barvou. Je-li útková nit nad osnovní, jedná se o útkový vazný bod a ve střídě se nezakresluje. Střída vazby je určitý počet vazných bodů, které se ve tkanině opakují [15].



Obr. 2 Osnovní vazný bod a) a útkový vazný bod b).

4.1 Vazby tkaniny

4.1.1 Plátnová vazba

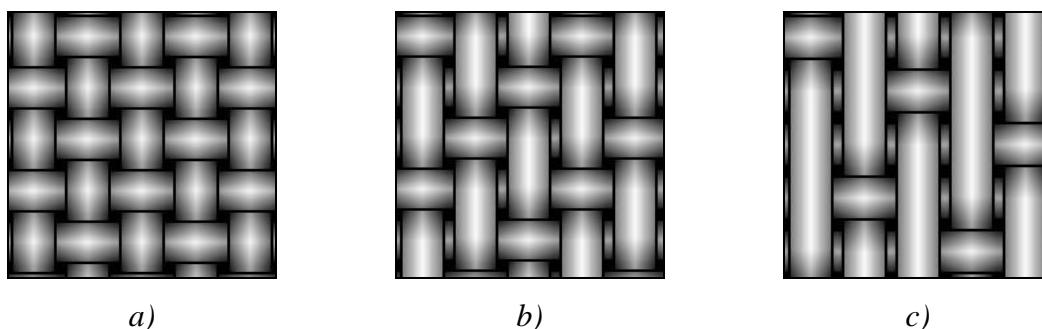
Tento typ vazby má nejmenší možnou střidu 2 osnovní a 2 útkové nitě. Jedná se o nejjednodušší typ vazby tkaniny. Konstrukce plátnové vazby je zobrazena na obr. 3 a). Mezi odvozené plátnové vazby patří ryps a panama. V této práci bude pro experiment použito 11 vzorků plátnové vazby s různou dostavou.

4.1.2 Keprová vazba

Nejmenší střída této vazby je 3 nitě osnovní a 3 útkové. Tento typ vazby vytváří na tkanině šikmé řádkování. Keprové vazby se liší podle toho, zda ve střídě převládají osnovní či útkové vazné body. Ukázka třívazného osnovního kepru je na obr. 3 b). Pro experiment bude použito 11 vzorků keprové vazby s různou dostavou.

4.1.3 Atlasová vazba

U atlasové vazby je nejmenší střída vazby 5 osnovních a 5 útkových nití. Atlasové vazby mohou být osnovní nebo útkové podle převahy vazných bodů ve střídě tkaniny. U pravidelných atlasových vazeb se jednotlivé vazné body nedotýkají. Podle určitých pravidel se pro tento druh vazby stanovuje postupové číslo, které určuje úhel stoupání šikmých řádků v atlasové vazbě. Na obr. 3 c) je zobrazen pětivazný osnovní atlas s postupovým číslem 3. Pro stanovení dostavy atlasové vazby budou v této práci testovány 3 vzorky s různou dostavou.



Obr. 3 a) plátnová vazba, b) třívazný osnovní kepr, c) pětivazná osnovní atlasová vazba s postupovým číslem 3.

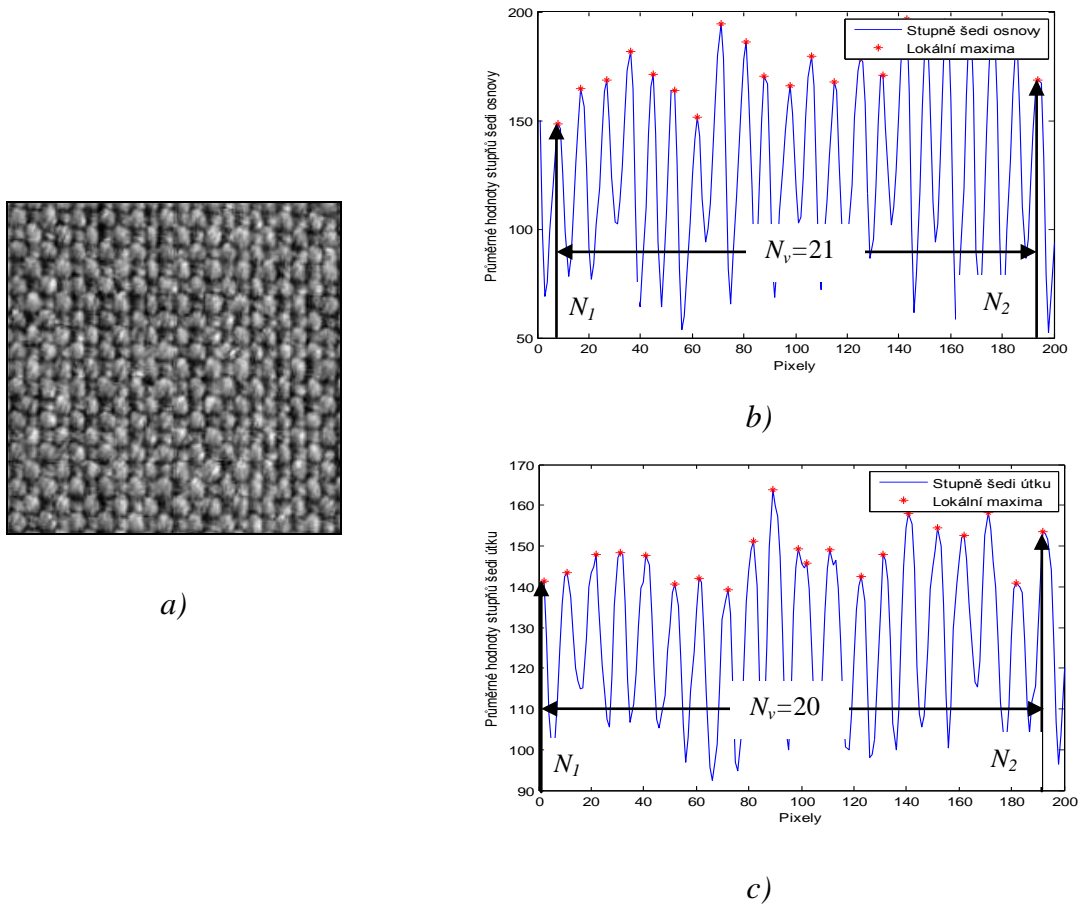
4.2 Základní parametr tkaniny – dostava

Dostava tkaniny patří mezi základní parametry tkaniny. Hodnota dostavy je počet osnovních a útkových nití na jednotku délky tkaniny, většinou se v praxi dostava určuje na 10 cm. Dostava osnovních nití bývá ve většině případů větší než dostava útkových nití. Hodnota dostavy osnovních a útkových nití ovlivňuje hustotu tkaniny. Pokud bude dostava osnovních a útkových nití malá, jedná se o řídkou tkaninu. Naopak, pokud bude dostava osnovních a útkových nití velká, bude se jednat o hustou tkaninu. Dostava tkaniny má z tohoto důvodu také vliv na tloušťku a hmotnost tkaniny. Změnou hodnot dostavy na různých místech v útkovém směru lze vytvářet ozdobné prvky a vzory tkaniny.

Obecný princip stanovení tkaniny automatickým způsobem je založen na hledání periodicity osnovních nití a periodicity útkových nití. Z počtu pixelů v periodě lze stanovit dostavu tkaniny D na základě vztahu

$$D = \frac{R / 2,54}{(N_2 - N_1) / N_v} [cm^{-1}], \quad (2)$$

kde R je rozlišení obrazu v dpi , N_1 je počáteční pixel, N_2 je konečný pixel a N_v je počet opakování [16]. Princip určení počátečního pixelu N_1 , konečného pixelu N_2 a počtu opakování N_v je zobrazen v grafech profilové úrovně šedi pro vzorek tkaniny v plátňové vazbě P5 a) na obr. 4 b), c).



Obr. 4 Vzorek tkaniny v plátňové vazbě P5 a), grafy profilové úrovně šedi pro osnovu b) a útku c) s vyznačením N_1 , N_2 a N_v .

5 Obrazová sada vzorků

Pro experimentální ověření a zhodnocení metod automatického určení dostavy tkanin byla vybrána následující reprezentativní sada vzorků tkanin:

- tkaniny v plátňové vazbě – 11 vzorků,
- tkaniny v keprové vazbě – 11 vzorků,
- tkaniny v atlasové vazbě – 3 vzorky,
- vzorované tkaniny – 17 vzorků (4 v plátňové, 7 v keprové, 2 v atlasové a 4 v kombinované vazbě).

Vzorky v každé skupině tkanin se lišily počtem nití i barvou. U každého vzorku tkaniny byl nejprve zjištěn počet nití osnovy a útku ruční metodou páráním. U této metody bylo provedeno 5 měření dostavy osnovy a útku u každého vzorku, ze kterých se stanovila průměrná hodnota. V tabulce 1 je uvedena sada vzorků s označením a popisem jednotlivých vzorků. Označení vzorků a vazeb jsou vyjádřeny symboly P pro plátňovou, K pro keprovou vazbu, Kepr O3 třívazný osnovní, Kepr O4 čtyřvazný osnovní, Kepr O5 pětivazný osnovní, A pro atlasovou vazbu, Atlas O5 pětivazný osnovní, Atlas O8 osmivazný osnovní a V pro vzorované tkaniny (VR pro tkaniny v kombinované vazbě). U každého vzorku je uvedeno 5 měření dostavy osnovy a útku daného vzorku a z nich průměrná hodnota, se kterou se porovnávají hodnoty dostavy získané z metod automatického stanovení dostavy tkaniny.

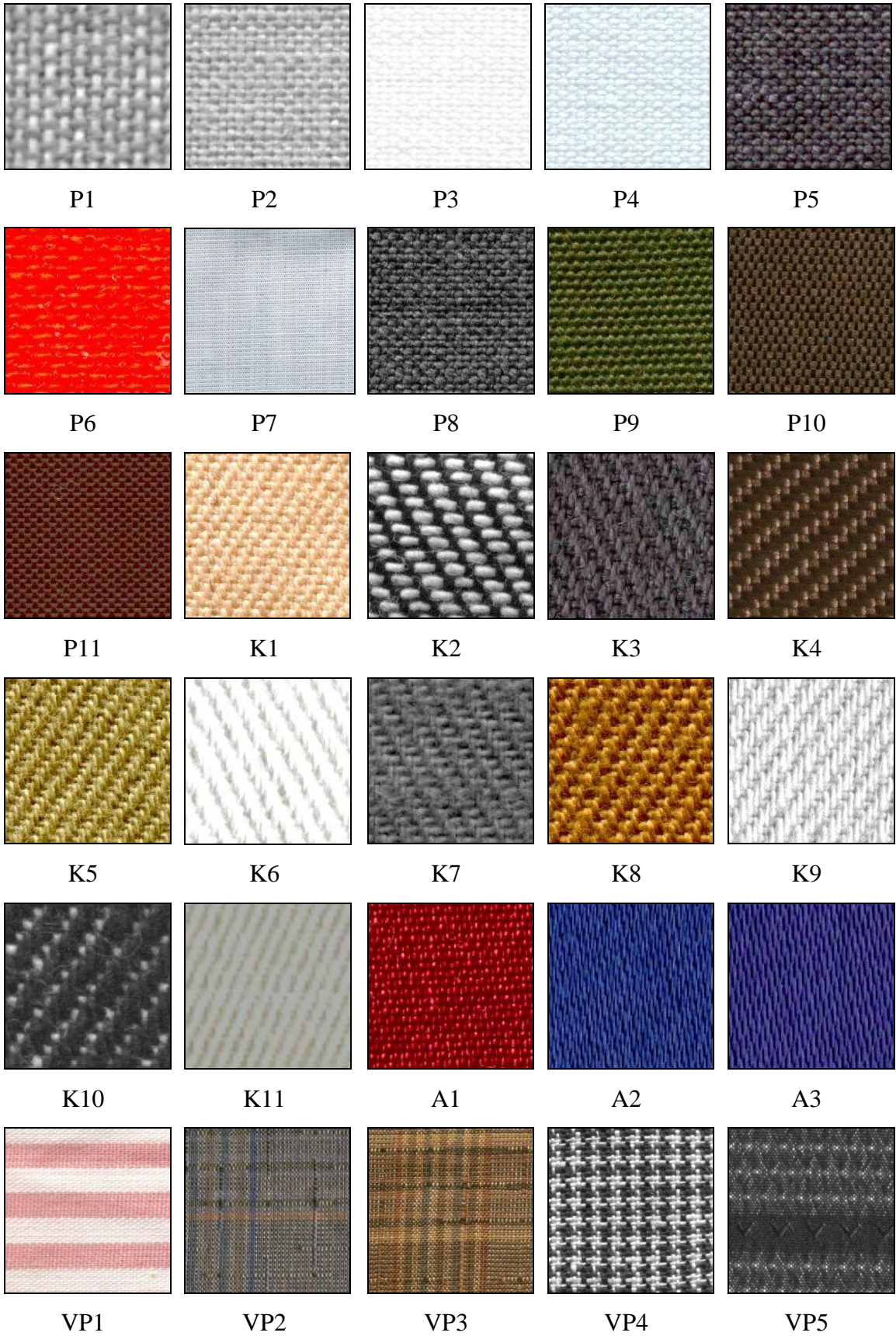
5.1 Způsob pořízení obrazu tkanin

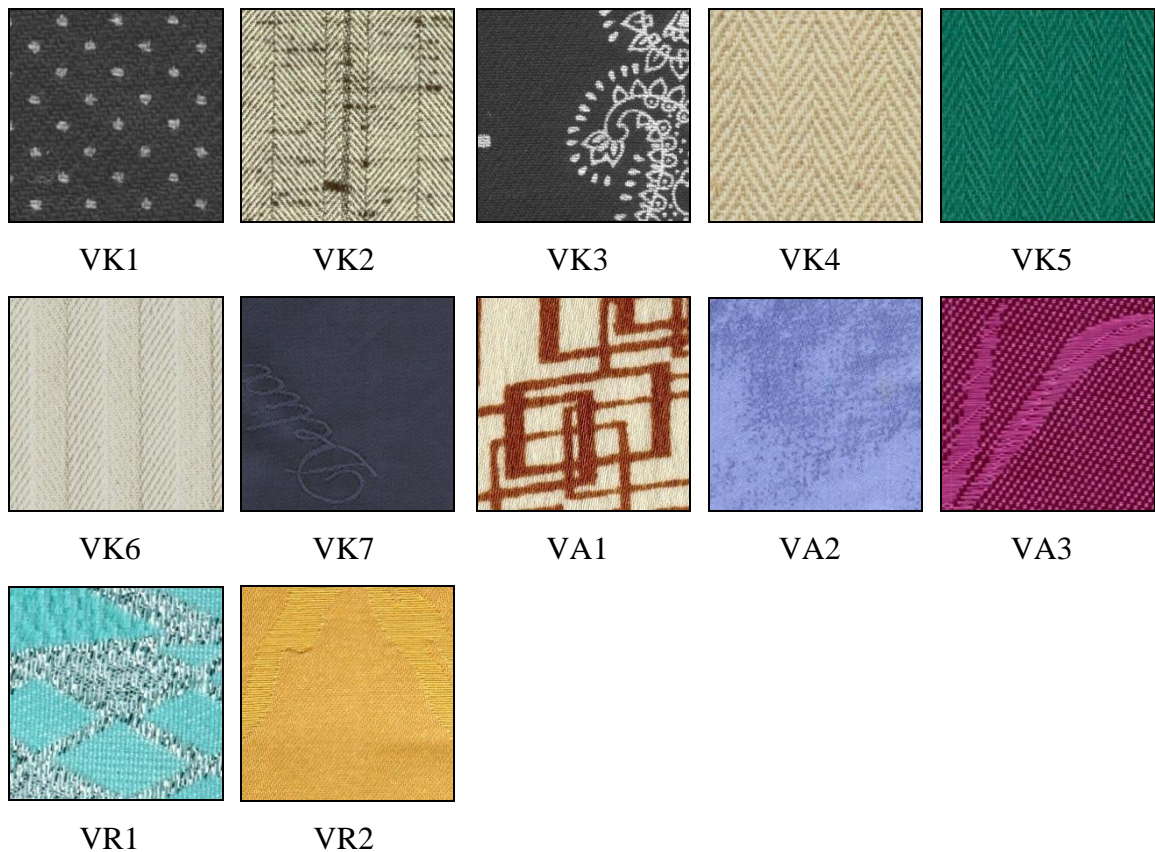
Sada vzorků tkanin byla pořízena skenováním pomocí skeneru Hewlett Packard ScanJet 4200C. Pro každý vzorek byly vytvořeny dva obrazy, jeden obraz s rozlišením 400 *dpi* a druhý obraz s rozlišením 600 *dpi*. Vstupní obrazy tkanin jsou o velikosti 1500x1500 pixelů. V rámci rozlišení obrazu 600 *dpi* po přepočtu jednotek *dpi* na centimetry odpovídá velikost obrazu 1500x1500 pixelů velikosti vzorku 6,35x6,35 cm, kdy velikost jednoho pixelu je 0,0042 cm.

Na obr. 5 je znázorněna sada vzorků tkanin o velikosti 200x200 pixelů (nevizorované tkaniny) a 1000x1000 pixelů (vizorované tkaniny) s rozlišením obrazu 600 *dpi*, která byla použita pro experimentální stanovení dostavy prostřednictvím vybraných metod. Sada obsahuje 11 vzorků v plátňové, 11 vzorků v keprové, 3 vzorky v atlasové vazbě a 17 vzorků tkanin se vzory.

Tab. 1 Vazby, vzory a hodnoty dostavy osnovy, útku sady vzorků z ruční metody párání.

Vzorek	Vazba nebo vzor	Párání		Průměr	
		D_o [cm ⁻¹]	D_u [cm ⁻¹]	D_o [cm ⁻¹]	D_u [cm ⁻¹]
P1	Plátňová	24,5 24,0 23,5 24,5 23,5	17,5 17,5 17,5 18,0 18,0	24,0	17,7
P2	Plátňová	24,0 24,5 24,0 25,0 24,0	22,0 22,5 23,0 22,0 23,0	24,3	22,5
P3	Plátňová	39,0 40,0 39,5 38,5 40,0	21,5 21,5 22,0 22,0 21,5	39,4	21,7
P4	Plátňová	38,0 39,0 39,0 38,0 39,0	23,0 23,0 22,0 23,0 23,0	38,6	22,8
P5	Plátňová	28,5 29,0 29,0 28,5 28,5	25,0 26,0 25,5 25,0 25,5	28,7	25,4
P6	Plátňová	22,0 22,0 21,0 22,0 21,0	16,0 15,0 16,0 16,0 15,0	21,6	15,6
P7	Plátňová	47,0 50,0 47,0 52,0 51,0	28,0 28,0 28,0 29,0 30,0	49,4	28,6
P8	Plátňová	30,0 29,0 29,0 31,0 29,0	27,0 25,0 25,0 26,0 26,0	29,6	25,8
P9	Plátňová	40,0 37,0 38,0 39,0 39,0	22,0 22,0 22,0 21,0 22,0	38,6	21,8
P10	Plátňová	36,0 35,0 34,0 36,0 34,0	26,0 28,0 26,0 28,0 27,0	35,0	27,0
P11	Plátňová	38,0 37,0 39,0 39,0 37,0	29,0 30,0 30,0 31,0 31,0	38,0	30,2
K1	Kepr O3	38,0 37,0 37,0 38,0 38,0	25,0 25,0 24,0 25,0 25,0	37,6	24,8
K2	Kepr O4	26,0 27,0 27,0 27,0 26,0	16,0 16,0 16,0 16,0 16,0	26,6	16,0
K3	Cirkas	36,0 35,0 35,0 36,0 35,0	22,0 22,0 21,0 21,0 22,0	35,4	21,6
K4	Kepr O4	22,0 23,0 23,0 22,0 23,0	23,0 23,0 24,0 24,0 23,0	22,6	23,4
K5	Kepr O4	43,0 43,0 42,0 42,0 41,0	27,0 27,0 27,0 28,0 28,0	42,2	27,4
K6	Kepr O4	35,0 36,0 35,0 37,0 36,0	21,0 20,0 19,0 20,0 19,0	35,8	19,8
K7	Cirkas	34,0 35,0 34,0 34,0 35,0	22,0 22,0 22,0 21,0 21,0	34,4	21,6
K8	Kepr O4	28,0 27,0 27,0 26,0 27,0	18,0 17,0 17,0 18,0 18,0	27,0	17,6
K9	Kepr O4	31,0 32,0 33,0 33,0 32,0	24,0 25,0 24,0 24,0 25,0	32,2	24,4
K10	Kepr O4	24,0 24,0 24,0 24,0 24,0	16,0 17,0 16,0 17,0 17,0	24,0	16,6
K11	Kepr O5	45,0 44,0 45,0 44,0 46,0	33,0 32,0 32,0 32,0 32,0	44,8	32,2
A1	Atlas O5	79,0 80,0 79,0 81,0 82,0	23,0 25,0 25,0 24,0 25,0	80,2	24,4
A2	Atlas O8	50,0 50,0 49,0 48,0 47,0	47,0 44,0 46,0 45,0 45,0	48,8	45,4
A3	Atlas O5	63,0 59,0 59,0 60,0 61,0	30,0 29,0 29,0 28,0 30,0	60,4	29,2
VP1	Pruhy	43,5 44,0 43,5 44,0 44,5	26,0 27,0 26,5 26,5 27,0	43,9	26,6
VP2	Kostky	22,0 22,0 21,0 21,0 22,0	18,0 18,0 19,0 18,0 19,0	21,6	18,4
VP3	Kostky	21,0 22,0 21,0 21,0 21,0	18,0 19,0 19,0 20,0 18,0	21,2	18,8
VP4	Pepito	17,0 17,0 17,0 17,0 17,0	17,0 17,0 17,0 17,0 17,0	17,0	17,0
VP5	Pruhy	42,0 43,0 45,0 44,0 43,0	32,0 31,0 30,0 31,0 31,0	43,4	31,0
VK1	Potisk KO4	29,0 29,0 28,0 28,0 27,0	23,0 22,0 21,0 22,0 23,0	28,2	22,2
VK2	Kombinace K vazeb	34,0 33,0 33,0 34,0 33,0	29,0 28,0 28,0 27,0 27,0	33,4	27,8
VK3	Potisk, barchet	26,0 27,0 27,0 26,0 27,0	19,0 19,0 19,0 19,0 19,0	26,6	19,0
VK4	Hrotový K	34,0 35,0 35,0 35,0 36,0	22,0 23,0 23,0 23,0 22,0	35,0	22,6
VK5	Lomený K	37,0 38,0 37,0 37,0 38,0	22,0 21,0 22,0 22,0 22,0	37,4	21,8
VK6	Osnovní + útkový K	30,0 31,0 30,0 30,0 29,0	20,0 20,0 20,0 20,0 19,0	30,0	19,8
VK7	Vytkávaný vzor	50,0 48,0 49,0 52,0 51,0	29,0 28,0 28,0 30,0 29,0	50,0	28,8
VA1	Kostky AO5	84,0 87,0 89,0 92,0 91,0	42,0 40,0 41,0 38,0 38,0	88,6	39,8
VA2	Potisk AO8	50,0 48,0 50,0 49,0 50,0	39,0 38,0 38,0 38,0 39,0	49,4	38,4
VA3	Vytkávaný A, damašek	26,0 25,0 27,0 26,0 27,0	27,0 26,0 27,0 27,0 26,0	26,2	26,6
VR1	Brokát	71,0 70,0 69,0 68,0 67,0	42,0 44,0 4,03 44,0 44,0	69,0	43,4
VR2	Ryps + atlas	57,0 54,0 55,0 56,0 57,0	23,0 23,0 22,0 23,0 24,0	55,8	23,0





Obr. 5 Sada vzorků. Vzorky plátňové vazby P1 až P11. Vzorky keprové vazby K1 až K11. Vzorky atlasové vazby A1 až A3. Vzorované tkaniny v plátňové vazbě VP1 až VP5. Vzorované tkaniny v keprové vazbě VK1 až VK7. Vzorované tkaniny v atlasové vazbě VA1 až VA3. Vzorované tkaniny v kombinované vazbě VR1 a VR2.

5.2 Předzpracování obrazu tkanin

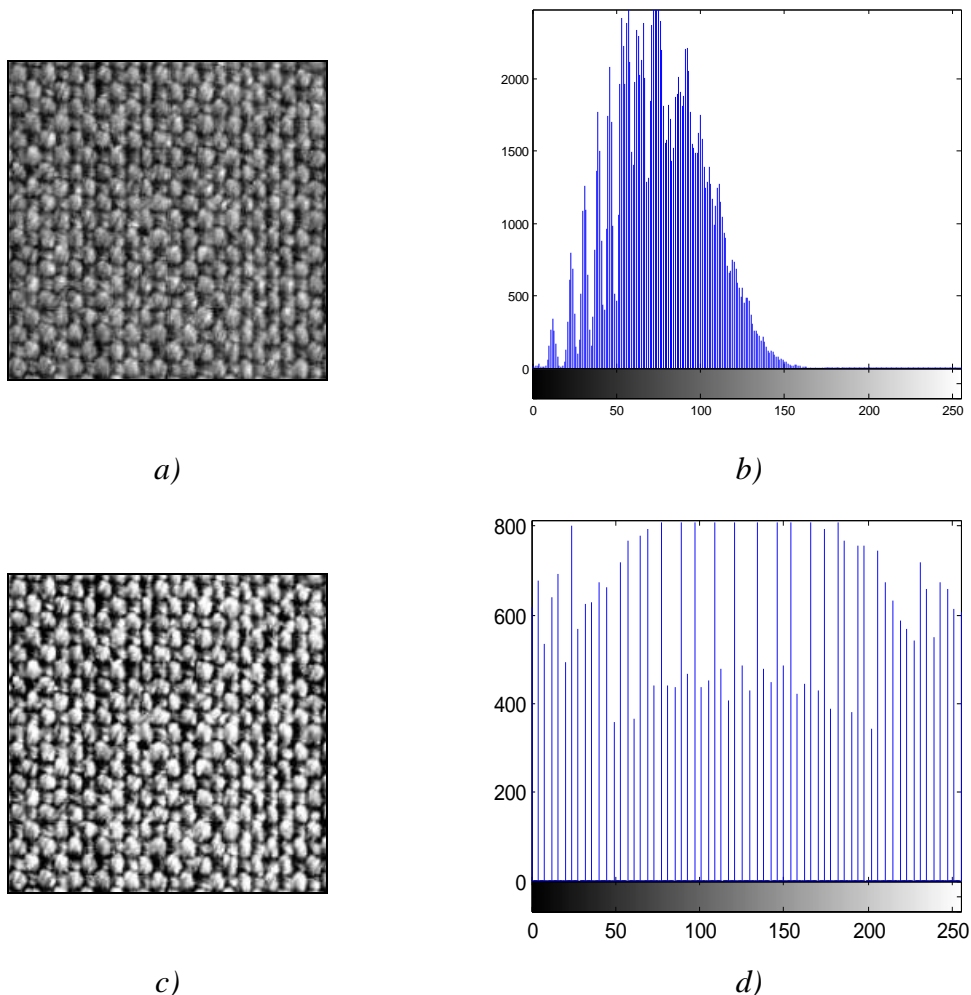
Nasnímané barevné obrazy vzorků tkanin bylo zapotřebí pro aplikaci metod automatického určení dostavy tkaniny na základě obrazové analýzy předzpracovat. Nejprve se barevné obrazy vzorků tkanin převedly na obrazy ve stupních šedi (monochromatické). Pro převod barevných obrazů na obrazy monochromatické v prostředí programu MATLAB slouží zaimplementovaný příkaz `rgb2gray.m`. Bílá a světlá barva v monochromatickém obrazu představuje nitě, černá a tmavá barva představuje mezery mezi nitěmi.

Dalším krokem v rámci předzpracování obrazu bylo vyrovnání hodnot rozsahu hodnot šedi. Pokud rozsah hodnot šedi obrazu nepokrývá celou škálu stupnice šedi (0 – 255), může dojít ke zkresleným výsledkům hodnot získaných pomocí obrazové analýzy. V tomto případě se používá vyrovnání histogramu hodnot šedi obrazu.

Vyrovnnání histogramu slouží pro zvýšení kontrastu a intenzity obrazu, aby hodnoty šedi obrazu pokryly celou škálu stupnice hodnot šedi.

Pro zjištění rozložení úrovní šedi obrazu se používá v prostředí programu MATLAB nadeřinovaný příkaz `imhist.m`. Pokud intenzita šedi obrázku nepokřývá celý rozsah škály stupnice, pak se použije zabudovaný příkaz `histeq.m`. Příkaz `histeq` zvýší kontrast obrazu transformováním hodnot v intenzitě obrazu. Po jeho aplikaci hodnoty šedi obrazu pokryjí celou škálu stupnice šedi [14].

Na obr. 6 a) je příklad monochromatického obrazu tkaniny v plátňové vazbě P5 a jeho histogram úrovní šedi b). Ukázka obrazu vzorku P5 po aplikaci příkazu `histeq` c) a jeho vyrovnnaný histogram d) je na obr. 6.



Obr. 6 a) Vstupní monochromatický obraz plátňové vazby tkaniny P5 a jeho histogram hodnot šedi b), obraz tkaniny po použití příkazu `histeq` c) a jeho vyrovnnaný histogram hodnot šedi d).

6 Metody zjištění dostavy tkaniny

Tradiční metody určení dostavy tkaniny vyžadují manuální operace, při kterých je zapotřebí pomocného nástroje (např. tkalcovská lupa). Tyto operace jsou však pro operátora časově i zrakově náročné. Také jedním z důvodů potřeby vývoj automatického stanovení dostavy tkaniny je online sledování parametru dostava na různých zařízeních.

Mezi tradiční stanovení dostavy tkaniny patří metoda párání. Jedná se o ruční, časově náročnou metodu, při níž se vypará většinou na délku 1 cm nitě osnovní a nitě útkové a stanoví se jejich počet.

Dále lze zjistit hodnotu dostavy osnovy a útku tkaniny pomocí jehly a tkalcovské lupy. V tomto případě se na délku 1 cm spočítají pomocí jehly pod tkalcovskou lupou nitě osnovní a útkové. V praxi se často hodnota dostavy tkaniny stanovuje na 10 cm.

6.1 Metoda profilové úrovně šedi (GLPM)

Metoda GLPM (*Gray Level Profile Method*) vychází z matice monochromatického obrazu tkaniny, která se skládá z hodnot profilu úrovně šedi jednotlivých pixelů. Pro jednotlivé řádky a sloupce obrazové matice se stanoví průměrná hodnota profilu úrovně šedi. Na základě tohoto odhadu průměru úrovně šedi řádků a sloupců obrazové matice a vhodné volby filtrační velikosti n se určí, které z hodnot pixelů v grafu profilové úrovně šedi jsou lokálními maximy. Po definování lokálních maxim se zjistí jejich hodnota a pozice. Převod pixelové rozteče mezi pozicemi jednotlivých lokálních maxim na vzdálenost v centimetrech je základ pro automatické stanovení dostavy tkaniny.

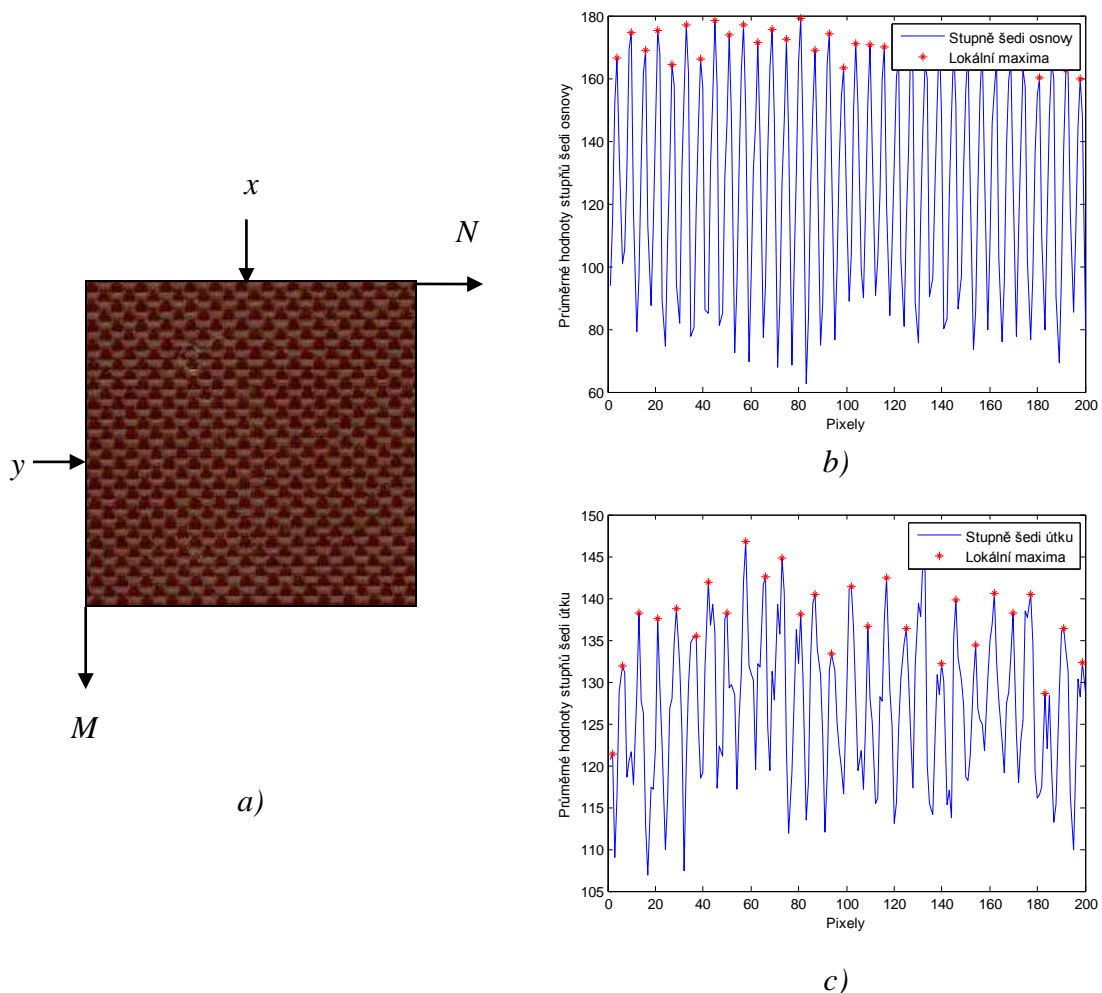
6.1.1 Princip metody GLPM

Velikost matice obrazu je $M \times N$. Z hodnot úrovně šedi jednotlivých pixelů obrazové matice se vyjádří funkce $G_r(k)$ a $G_s(k)$ jako průměrné hodnoty šedi řádků a sloupců. Průměrná hodnota šedi $G_r(k)$ k – tého řádku a průměrná hodnota šedi $G_s(k)$ k – tého sloupce matice se vyjádří ze vztahů

$$G_r(k) = \frac{\sum_{x=1}^M I(k, x)}{M}, \quad G_s(k) = \frac{\sum_{y=1}^N I(y, k)}{N}, \quad (3), (4)$$

kde $I(k, x)$ je intenzita šedi v souřadnicích (k, x) , $I(y, k)$ je intenzita šedi v souřadnicích (y, k) , M je počet řádků a N je počet sloupců matice.

Na obr. 7 a) je ukázka způsobu zápisu souřadnic x , y a velikosti matice obrazu $M \times N$ v prostředí programu MATLAB na monochromatickém obrazu plátňové vazby vzorku P11 o velikosti 200x200 pixelů, který byl pořízen při rozlišení 600 dpi. Grafy profilové úrovně šedi vzorku P11 pro osnovu b) a útek c) jsou zobrazeny na obr. 7.



Obr. 7 Způsob zápisu souřadnic a velikosti obrazu na obrazu plátňové vazby tkaniny P11 a), grafy profilové úrovně šedi pro osnovu b) a útek c).

Prostřednictvím vztahů (3), (4) a velikosti obrazu v pixelech se získají hodnoty pro graf profilové úrovně šedi. Tento graf představuje periodický průběh průměrných

hodnot stupňů šedi v řádcích nebo sloupcích matice obrazu. Vrcholy v grafu profilové úrovně šedi představují nitě a údolí vyjadřují mezery mezi nitěmi v obrazu tkaniny. Ukázka grafů profilové úrovně šedi osnovy b) a útku c) pro vzorek plátňové vazby P5 je na obr. 7.

Mezi vrcholy v grafu se hledají lokální maxima nastavením vhodné filtrační velikosti n . Filtrační velikost n definuje, který z vrcholů v grafu je lokálním maximumem mezi jeho n sousedy. Jestliže je hodnota pixelu menší než jeho n sousedů, pak se jedná o lokální minimum. Pokud je hodnota pixelu větší než jeho n sousedů, pak se jedná o lokální maximum. Lokální maxima se v této práci hledaly prostřednictvím nadefinovaného příkazu `findpeaks.m`, kde se zvolila filtrační velikost n , podle které se stanovily lokální maxima mezi jejich n sousedy. Pomocí této funkce se také definovaly hodnoty a pozice jednotlivých lokálních maxim.

Po nalezení lokálních maxim byla zjištěna pixelová vzdálenost mezi jejich pozicemi. Tyto pixelové rozteče mezi jednotlivými pozicemi lokálních maxim se převedou pomocí vztahu (5) na rozteče pozic v centimetrech $DiffCm$

$$DiffCm = \frac{2,54}{R \cdot PV}, \quad D = \frac{1}{N_v \sum_{x=1}^N DiffCm}, \quad (5), (6)$$

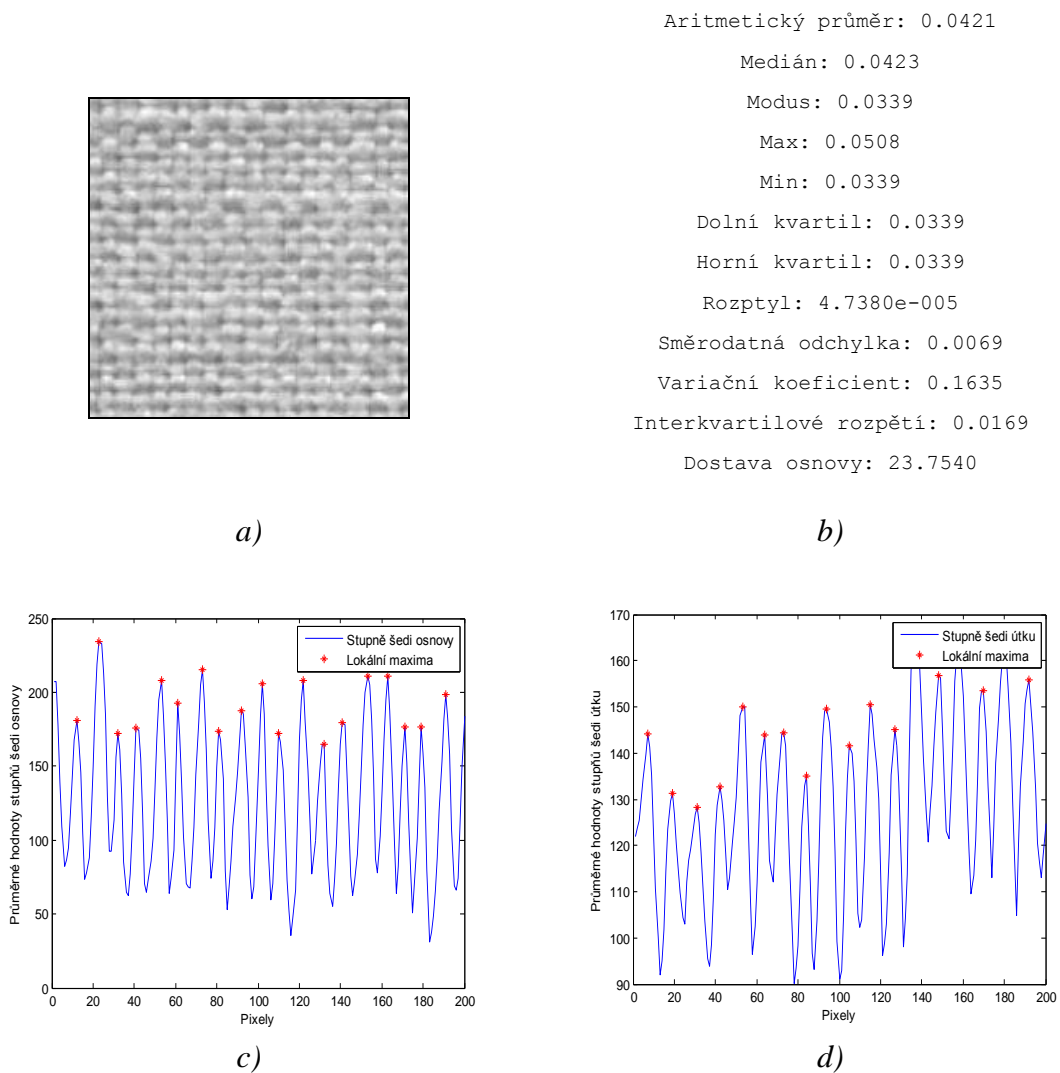
kde R vyjadřuje rozlišení obrazu, PV je pixelová rozteč mezi jednotlivými lokálními maximy a N_v je počet opakování lokálních maxim. Podle vztahu (6) se určí počet nití D na 1 cm , který je roven převrácené hodnotě průměrné hodnoty roztečí pozic lokálních maxim. Vstupem u této metody je obraz tkaniny a rozlišení obrazu R . Výstupem je hodnota dostavy osnovy D_o a útku D_u [1]. Zdrojový kód vytvořený v prostředí programu MATLAB pro metodu GLPM je v Příloze 2 a přiložen na vytvořeném CD.

Pro každý vzorek a typ rozlišení obrazu se určovaly statistické charakteristiky polohy a variability roztečí mezi nitěmi v centimetrech. Mezi tyto statistické charakteristiky z hodnot roztečí mezi nitěmi je zahrnut odhad aritmetického průměru, rozptylu, směrodatné odchylky, mediánu, horního kvartilu, dolního kvartilu, modusu, variačního koeficientu, maximální a minimální hodnota a odhad interkvartilového rozpětí. Ukázka výsledných hodnot z těchto charakteristik bude pro konkrétní vzorek uvedena v další kapitole.

6.1.2 Příklad aplikace metody GLPM na tkanině v plátňové vazbě

Pro ukázkou aplikace metody GLPM na sadě vzorků byl vybrán vzorek plátňové vazby P2, který vykazoval poměrně přesné výsledky s rozlišením obrazu 600 dpi. Výsledné hodnoty dostavy vzorku P2 jsou popsány v následující kapitole.

Na obr. 8 a) je ukázkou vzorku tkaniny v plátňové vazbě P2 s rozlišením obrazu 600 dpi o velikosti 200x200 pixelů, který vykazoval poměrně velkou přesnost výpočtu dostavy u metody GLPM. Hodnoty statistických charakteristik polohy a variability pro vzorek P2 jsou zobrazeny na obr. 8 b). Na obr. 8 c), d) jsou grafy profilové úrovně šedi pro osnovu a útek vzorku P2, kde modrá čára představuje průběh hodnot profilu úrovně šedi a červené hvězdičky znamenají lokální maxima.



Obr. 8 Vzorek plátňové vazby P2 a). Výpočet statistických charakteristik b) a grafy profilové úrovně šedi vzorku plátňové vazby P2 pro osnovu c) a útek d).

6.1.3 Aplikace metody GLPM na sadě vzorků

Výpočet dostavy vzorků v plátňové vazbě byl u metody GLPM poměrně efektivní. Pro vzorky tkaniny v plátňové vazbě byla filtrační velikost nastavena na konstantní hodnotu $n = 2 \times 2$. Při rozlišení obrazu 600 *dpi* vykazovala tato metoda výrazně vyšší přesnost výpočtu dostavy než u rozlišení obrazu 400 *dpi*. Pro ukázkou je zde aplikován vzorek plátňové vazby P2, který vykazoval poměrně přesné výsledky pomocí metody GLPM s rozlišením obrazu 600 *dpi*. Hodnota dostavy osnovy zjištěna ruční metodou vzorku P2 byla 24,3 nití. Hodnota dostavy osnovy vzorku P2 zjištěna metodou GLPM byla 23,8 nití. Hodnota dostavy útku zjištěna ruční metodou vzorku P2 byla 22,5 nití. Hodnota dostavy útku vzorku P2 zjištěna metodou GLPM byla 21,7 nití. V předchozí kapitole byl ukázán příklad aplikace metody GLPM na vzorku tkaniny v plátňové vazbě P2.

Přesnost metody GLPM u vzorků tkanin v keprové vazbě byla o něco vyšší než u tkanin v plátňové vazbě. V případě rozlišení obrazu tkaniny 600 *dpi* byla hodnota dostavy přesnější než u rozlišení 400 *dpi* s rozdílem větší variability hodnot filtrační velikosti. Hodnoty nastavených filtračních velikostí n pro jednotlivé vzorky tkanin v keprové vazbě pro rozlišení obrazu 400 a 600 *dpi* jsou uvedeny v následující kapitole v tabulce 2. Poměrně přibližné výsledky hodnoty dostavy osnovy a útku metody GLPM vykazoval vzorek K6 při rozlišení obrazu 600 *dpi* s nastavenou filtrační velikostí na hodnoty $n = 2 \times 4$. Hodnota dostavy osnovy zjištěna ruční metodou vzorku K6 byla 35,8 nití. Hodnota dostavy osnovy vzorku K6 zjištěna metodou GLPM byla 35,0 nití. Hodnota dostavy útku zjištěna ruční metodou vzorku K6 byla 19,8 nití. Hodnota dostavy útku vzorku K6 zjištěna metodou GLPM byla 19,7 nití. Obraz vzorku K6 a grafy profilové úrovně šedi osnovy a útku jsou uvedeny v Příloze 1.

V případě tkanin v atlasové vazbě se tato metoda projevila jako neefektivní, s výjimkou vzorku A2 při rozlišení obrazu 600 *dpi*. Experiment prokázal větší přesnost výpočtu hodnot dostavy tkaniny v atlasové vazbě u rozlišení obrazu tkaniny 600 *dpi*. Filtrační velikost pro osnovu i útek byla nastavena ve všech případech na konstantní hodnoty $n = 2 \times 2$. Pro příklad přesnosti výpočtu dostavy tkanin v atlasové vazbě prostřednictvím metody GLPM byl vybrán vzorek A2. Vzorek A2 při rozlišení obrazu 600 *dpi* vykazoval největší přesnost výpočtu dostavy tkanin v atlasové vazbě v rámci metody GLPM. Hodnota dostavy osnovy zjištěna ruční metodou vzorku A2 byla 48,8 nití. Hodnota dostavy osnovy vzorku A2 zjištěna metodou GLPM byla 47,5

nití. Hodnota dostavy útku zjištěna ruční metodou vzorku A2 byla 45,4 nití. Hodnota dostavy útku vzorku A2 zjištěna metodou GLPM byla 49,2 nití. Obraz vzorku A2 a grafy profilové úrovně šedi osnovy a útku jsou uvedeny v Příloze 1.

Ve skupině vzorovaných tkanin v plátňové vazbě nevykazovala tato metoda příliš velkou přesnost, s výjimkou vzorků VP2 a VP3, kde bylo ale zapotřebí experimentálně upravit hodnotu filtrační velikosti n . Tyto hodnoty n jsou uvedeny v tabulce 2. Pro ukázkou aplikace metody GLPM na sadě vzorovaných vzorků tkanin v plátňové vazbě byl vybrán vzorek VP3. Jedná se o vzorovanou tkaninu v podobě kostek, který při rozlišení obrazu 400 *dpi* s hodnotami filtrační velikosti $n = 2 \times 3$ vykazoval poměrně přesné výsledky. Hodnota dostavy osnovy zjištěna ruční metodou vzorku VP3 byla 21,2 nití. Hodnota dostavy osnovy vzorku VP3 zjištěna metodou GLPM byla 22,0 nití. Hodnota dostavy útku zjištěna ruční metodou vzorku VP3 byla 18,8 nití. Hodnota dostavy útku vzorku VP3 zjištěna metodou GLPM byla 18,8 nití. Obraz vzorku VP3, grafy profilové úrovně šedi osnovy a útku jsou uvedeny v Příloze 1.

Sada vzorků vzorovaných tkanin v keprové vazbě vykazovala ve skupině vzorovaných tkanin nejlepší výsledky. Přesnější výsledky většinou vykazovaly obrazy při rozlišení 600 *dpi*. Hodnoty filtrační velikosti byly, s výjimkou vzorku VK7, nastaveny na konstantní velikost $n = 2 \times 2$. Pro ukázkou výsledků metody GLPM v této kategorii byl vybrán vzorek VK3 s rozlišením obrazu 400 *dpi*, který vykazoval nejpřesnější výsledky dostavy. Vzorek VK3 je tmavá tkanina v keprové vazbě se světlým tištěným vzorem. Hodnota dostavy osnovy zjištěna ruční metodou vzorku VK3 byla 26,6 nití. Hodnota dostavy osnovy vzorku VK3 zjištěna metodou GLPM byla 25,8 nití. Hodnota dostavy útku zjištěna ruční metodou vzorku VK3 byla 19,0 nití. Hodnota dostavy útku vzorku VK3 zjištěna metodou GLPM byla 17,9 nití. Obraz vzorku VK3 a grafy profilové úrovně šedi osnovy a útku jsou uvedeny v Příloze 1.

Metoda GLPM nevykazovala příliš dobré výsledky ve skupině vzorovaných tkanin v atlasové vazbě. Filtrační velikost n byla nastavena na konstantní hodnoty $n = 2 \times 2$, s výjimkou vzorku VA3. Vzorek VA3 s rozlišením obrazu 600 *dpi* při změně hodnot filtrační velikosti na hodnoty $n = 3 \times 4$ vykazoval v této sadě vzorků nejpřesnější výsledky. Jedná se o tkaninu v atlasové vazbě s vytkávaným vzorem typu damašek. Hodnota dostavy osnovy zjištěna ruční metodou vzorku VA3 byla 26,2 nití. Hodnota dostavy osnovy vzorku VA3 zjištěna metodou GLPM byla 25,0 nití. Hodnota

dostavy útku zjištěna ruční metodou vzorku VA3 byla 26,6 nití. Hodnota dostavy útku vzorku VA3 zjištěna metodou GLPM byla 28,6 nití. Obraz vzorku VA3 a grafy profilové úrovně šedi osnovy a útku jsou uvedeny v Příloze 1.

Skupina vzorovaných tkanin v kombinované vazbě je charakterizována kombinací více druhů vazeb na jedné tkanině. V této skupině vzorovaných tkanin se zmíněná metoda také příliš neosvědčila. Hodnoty filtrační velikosti opět zůstaly ve všech případech konstantní $n = 2 \times 2$. Pro ukázkou aplikace metody GLPM v této kategorii byl vybrán vzorek VR1 s rozlišením obrazu 600 *dpi*. Jedná se o klasickou brokátovou tkaninu. Hodnota dostavy osnovy zjištěna ruční metodou vzorku VR1 byla 69 nití. Hodnota dostavy osnovy vzorku VR1 zjištěna metodou GLPM byla 28,0 nití. Hodnota dostavy útku zjištěna ruční metodou vzorku VR1 byla 43,4 nití. Hodnota dostavy útku vzorku VR1 zjištěna metodou GLPM byla 35,0 nití. Obraz vzorku VR1 a grafy profilové úrovně šedi osnovy a útku jsou uvedeny v Příloze 1.

6.1.4 Výsledky metody GLPM

Hodnoty filtrační velikosti n pro určité vzorky tkanin, kde bylo potřeba provést změnu hodnot pro osnovu a útek z konstantní hodnoty $n = 2 \times 2$ pro přesnější výsledky této metody, jsou uvedeny v tabulce 2. V tabulce 3 je porovnání výsledných hodnot dostavy osnovy a útku sady vzorků získaných metodou páráním a metodou GLPM při rozlišení obrazu 400 *dpi* a 600 *dpi*.

Tab. 2 Změny hodnot filtrační velikosti n osnovy a útku pro určité vzorky tkanin.

Vzorek	Rozlišení 400 <i>dpi</i>		Rozlišení 600 <i>dpi</i>	
	Filtr n pro D_o	Filtr n pro D_u	Filtr n pro D_o	Filtr n pro D_u
K1	2	3	3	4
K2	2	3	4	5
K3	2	3	3	5
K4	2	4	2	4
K5	2	2	2	3
K6	2	3	2	4
K7	2	3	2	3
K8	2	3	3	3
K9	2	3	2	3
K10	2	3	2	4
K11	2	3	2	3
VP2	2	2	4	4
VP3	2	3	4	5
VK7	2	2	2	3
VA3	2	2	3	4

Tab. 3 Porovnání výsledků dostavy sady vzorků tkanin metody GLPM.

Vzorek	Párání		GLPM [cm^{-1}]			
			D_o [cm^{-1}]		D_u [cm^{-1}]	
	D_o [cm^{-1}]	D_u [cm^{-1}]	400 dpi	600 dpi	400 dpi	600 dpi
P1	24,0	17,7	17,8	18,9	13,4	13,3
P2	24,3	22,5	23,6	23,8	21,8	21,7
P3	39,4	21,7	20,9	35,1	20,0	23,7
P4	38,6	22,8	21,9	37,7	18,9	21,4
P5	28,7	25,4	24,6	26,7	23,2	24,9
P6	21,6	15,6	33,7	37,9	20,5	20,4
P7	49,4	28,6	40,2	59,3	28,3	45,0
P8	29,6	25,8	34,3	54,7	29,4	42,3
P9	38,6	21,8	26,9	41,6	28,0	41,0
P10	35,0	27,0	21,5	43,6	23,3	28,9
P11	38,0	30,2	18,8	40,2	26,0	32,4
K1	37,6	24,8	27,5	34,3	22,1	25,5
K2	26,6	16,0	22,3	28,1	16,9	20,1
K3	35,4	21,6	30,0	36,3	20,9	20,8
K4	22,6	23,4	21,3	22,4	19,7	20,5
K5	42,2	27,4	20,5	40,4	22,1	26,1
K6	35,8	19,8	24,2	35,0	17,2	19,7
K7	34,4	21,6	34,6	34,4	19,3	19,9
K8	27,0	17,6	20,2	24,6	16,5	16,4
K9	32,2	24,4	26,0	29,2	22,4	23,3
K10	24,0	16,6	22,3	25,8	16,8	16,1
K11	44,8	32,2	23,5	46,2	18,1	29,0
A1	80,2	24,4	21,2	32,2	25,8	24,9
A2	48,8	45,4	23,5	47,5	17,3	49,2
A3	60,4	29,2	20,6	52,7	19,2	42,6
VP1	43,9	26,6	20,7	20,8	12,5	34,4
VP2	21,6	18,4	27,8	25,3	25,4	22,9
VP3	21,2	18,8	22,0	21,1	18,8	14,7
VP4	17,0	17,0	13,1	15,5	9,80	16,3
VP5	43,4	31,0	22,6	32,5	22,4	24,5
VK1	28,2	22,2	25,3	26,4	22,5	28,4
VK2	33,4	27,8	18,7	28,6	17,5	24,6
VK3	26,6	19,0	25,8	29,8	17,9	19,7
VK4	35,0	22,6	24,4	34,1	21,4	21,6
VK5	37,4	21,8	19,4	28,8	19,8	22,3
VK6	30,0	19,8	18,0	22,1	18,2	27,4
VK7	50,0	28,8	23,2	43,6	25,8	30,9
VA1	88,6	39,8	14,2	35,1	9,84	40,0
VA2	49,4	38,4	21,8	24,4	21,0	21,1
VA3	26,2	26,6	25,3	25,0	16,1	28,6
VR1	69,0	43,4	19,2	28,0	17,0	35,0
VR2	55,8	23,0	18,5	45,8	22,4	22,3

6.1.5 Zhodnocení metody GLPM

Jedná se o rychlou a poměrně nenáročnou metodu automatického určení dostavy tkaniny. Nejpřibližnější výsledky tato metoda generovala zejména u nevzorovaných tkanin v plátňové a keprové vazbě. Přesnost výpočtu dostavy vzorků v keprové vazbě byla vyšší než u vzorků v plátňové vazbě, to bylo ale podmíněno nastavením vhodné filtrační velikosti n pro každý vzorek zvlášť. U atlasových vazeb již tato metoda nevykazovala velkou přibližnost výsledků dostavy. V případě některých vzorovaných tkanin v plátňové, keprové a atlasové vazbě se tato metoda projevila jako celkem efektivní.

Jedna z příčin nesprávného stanovení hodnot dostavy byla u některých vzorků velmi malá vzdálenost mezi nitěmi. Z tohoto důvodu nebylo možno obrazovou analýzou rozpoznat přesný počet nití. Záleží také na velikosti rozlišení obrazu.

V některých případech bylo zapotřebí experimentálně nastavit hodnotu filtrační velikosti n z konstantní $n = 2 \times 2$ na vhodnější velikost. Po zjištění nejvhodnější filtrační velikosti n pak generovala metoda GLPM vcelku přibližné výsledky. Hledání vhodné filtrační velikosti pro každý vzorek je však nevýhodné (nekonstantní hodnota).

6.2 Metoda rozložení obrazu pomocí Wienerova filtru (DIDWF)

Metoda DIDWF (*Digital Image Decomposition of Wiener Filter*) je založena na principu rozložení obrazu prostřednictvím filtru, který se nazývá Wienerův. Tento filtr je přizpůsobený pro texturu tkanin. Pomocí Wienerova filtru se obraz tkaniny rozloží na horizontální a vertikální obrazy dle nastavené velikosti filtru. Horizontální obraz obsahuje informace o útkových nitích a vertikální obraz o osnovních nitích v tkanině.

Prostřednictvím Wienerova filtru se odhaduje lokální střední hodnota a rozptyl kolem každého pixelu v obraze. Funkce $f(x,y)$ označuje stupeň šedi pixelu v souřadnicích (x,y) v dvojrozměrném obraze, jehož lokální střední hodnota μ a rozptyl σ jsou vyjádřeny vztahy

$$\mu = \frac{1}{MN} \sum_{x,y \in W} f(x,y), \quad \sigma^2 = \frac{1}{MN} \sum_{x,y \in W} f^2(x,y) - \mu^2, \quad (7), (8)$$

kde W je okno o velikosti $M \times N$. Na těchto odhadech je založen Wienerův filtr pro výpočet výstupní hodnoty každého pixelu podle vztahu

$$g(x, y) = \mu + \frac{\sigma^2 - \nu^2}{\sigma^2} [f(x, y) - \mu], \quad (9)$$

kde $g(x, y)$ značí výstupní hodnotu každého pixelu v souřadnicích x, y po použití filtru a ν^2 je rozptyl šumu. V případě, že je rozptyl šumu ν^2 neznámý, pak může být tato hodnota nahrazena střední hodnotou všech lokálních rozptylů vstupního obrazu [2].

6.2.1 Princip metody DIDWF

Princip této metody je založený na rozkladu obrazu tkaniny v horizontálním a vertikálním směru. Horizontální obraz dává informaci o útkových nitích a vertikální o osnovních nitích. Právě velikost Wienerova filtru určuje, na jak velká okna bude obraz rozložený.

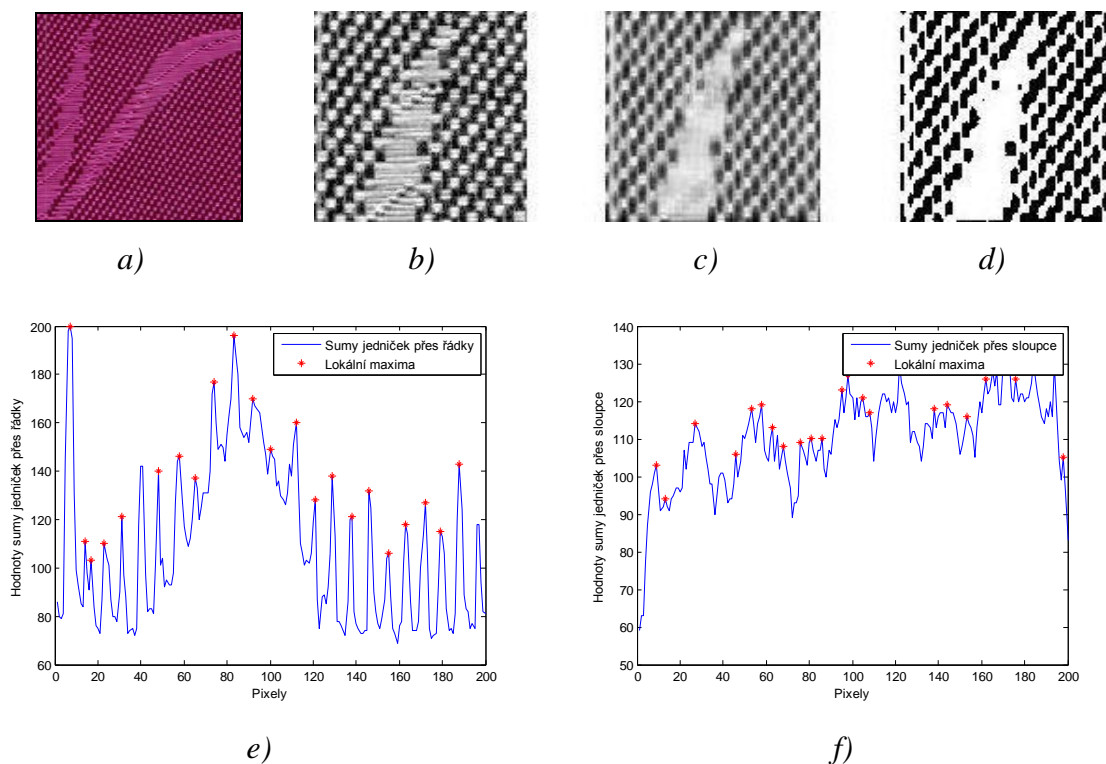
Nejprve je zapotřebí zvolit velikost filtru, podle kterého bude obraz rozložený. U Wienerova filtru se nastavují dvě hodnoty a to pro horizontální a vertikální směr. Podle těchto dvou hodnot se obraz filtruje buď v horizontálním, nebo vertikálním směru. Pro nastavení Wienerova filtru slouží v programu MATLAB vestavěná funkce `wiener2.m`, kde vstupními parametry je obraz, který chceme rozložit, a parametry filtru pro horizontální a vertikální směr.

Obraz tkaniny se nejdříve rozloží podle hodnot nastaveného filtru a poté předzpracuje. Monochromatický obraz tkaniny musí být pro výpočet dostavy převeden na binární obraz. Pro převod obrazu prahováním na binární obraz slouží v programu MATLAB zaimplementovaný příkaz `im2bw.m`. Z binárního obrazu se součtem jedniček přes řádky a sloupce, které charakterizují v obraze bílou barvu, určí velikost okna daného filtrem. Poté se z průběhu hodnot sum jedniček přes řádky a sloupce určí, stejným způsobem jako je to u metody GLPM, rozteče mezi lokálními maximy. To je základ pro určení dostavy tkaniny pomocí této metody [2]. Zdrojový kód v programu MATLAB pro metodu DIDWF je uveden v Příloze 2 a na vytvořeném CD.

6.2.2 Příklad aplikace metody DIDWF na vzorované tkanině v atlasové vazbě

Pro ukázkou aplikace metody DIDWF byl vybrán vzorek vzorované tkaniny v atlasové vazbě VA3. Popis vzorku včetně výsledných hodnot metody DIDWF v porovnání s reálnými hodnotami dostavy je zmíněn v následující kapitole. Ukázka vzorku VA3 o velikosti 1000x1000 pixelů s rozlišením obrazu 600 dpi a),

monochromatický obraz b), filtrovaný obraz c), binární rozložený obraz ve vertikálním směru d) vzorku VA3 o velikosti obrazu 200x200 pixelů s hodnotou Wienerova filtru 12x1 jsou zobrazeny na obr. 9. Grafy průběhu hodnot sum jedniček přes řádky a sloupce obrazové matice pro osnovu a útek jsou na obr. 9 e), f).



Obr. 9 Vzorek VA3 a), monochromatický obraz, b) filtrovaný obraz podle hodnot 12x1, c) rozložený binární obraz ve vertikálním směru vzorku VA3 d). Grafy průběhu hodnot sum jedniček obrazové matice vzorku VA3 přes řádky pro osnovu e) a přes sloupce pro útek f).

6.2.3 Aplikace metody DIDWF na sadě vzorků

U tkanin v plátnové vazbě se nejvíce osvědčila hodnota Wienerova filtru 16x1. Dále se v této skupině tkanin také aplikovaly hodnoty filtru 16x1, 12x2 a 12x1. Nelze přesně definovat, při kterém rozlišení obrazu vykazuje tato metoda přesnější výsledky dostavy. Největší přesnost v této skupině tkanin vykazoval vzorek P5 při rozlišení obrazu 600 dpi s nastaveným filtrem na hodnoty 16x1. Hodnota dostavy osnovy zjištěna ruční metodou vzorku P5 byla 28,7 nití a hodnota dostavy osnovy zjištěna metodou DIDWF byla 26,8 nití. Hodnota dostavy útku zjištěná ruční metodou vzorku byla 25,4 nití a hodnota dostavy útku vzorku P5 zjištěna metodou DIDWF byla 26,1 nití. Obraz vzorku P5, grafy pro osnovu a útek jsou uvedeny v Příloze 1.

Metoda DIDWF se pro výpočet dostavy tkanin v keprové vazbě při rozlišení obrazu 600 *dpi* projevila jako velmi efektivní. Nejvíce se uplatnila hodnota Wienerova filtru 12x1 při rozlišení obrazu 400 *dpi* a 12x2 u rozlišení obrazu 600 *dpi*. Dalšími použitými hodnotami Wienerova filtru byly 16x1 a 16x2, jiné hodnoty se zde neuplatnily. Výpočet dostavy tkaniny vzorků v keprové vazbě vykazoval vyšší přesnost u rozlišení obrazu 600 *dpi*. Filtrační velikost n byla nastavena na konstantní hodnoty $n = 2 \times 2$, s výjimkou vzorků K1, K2 a K6, kde bylo pro dosažení přesnějších výsledků potřeba nastavit tyto hodnoty individuálně. Hodnoty nastavených filtračních velikostí n pro jednotlivé vzorky tkanin v keprové vazbě pro rozlišení obrazu 400 a 600 *dpi* jsou uvedeny v následující kapitole v tabulce 4. V tomto případě metoda DIDWF vykazovala velkou přesnost. Metoda DIDWF se osvědčila jako poměrně přesná pro keprové vazby s rozlišením obrazu 600 *dpi* a vykazovala přesnější výsledky než u tkanin v plátnové vazbě. Pro ukázkou aplikace metody DIDWF byl vybrán vzorek K8 s rozlišením obrazu 600 *dpi*. Tento vzorek vykazoval velmi dobré výsledky dostavy tkaniny s nastaveným Wienerovým filtrem na hodnoty 16x2. Hodnota dostavy osnovy zjištěna ruční metodou vzorku K8 byla 27,0 nití a hodnota dostavy osnovy zjištěna metodou DIDWF byla 27,9 nití. Hodnota dostavy útku zjištěna ruční metodou vzorku byla 17,6 nití a hodnota dostavy útku vzorku K8 zjištěna metodou DIDWF byla 18,6 nití. Obraz vzorku K8, grafy pro osnovu a útek jsou uvedeny v Příloze 1.

Ve skupině atlasových vazeb se tato metoda příliš neosvědčila. Hlavním důvodem nepřesných výsledků byl velký počet zejména osnovních nití. Z tohoto důvodu nebyla tato metoda schopna rozpoznat jejich přibližnou hodnotu. Počet útkových nití nebyl tak velký jako počet osnovních nití, proto byly výsledky dostavy útkových nití přesnější než osnovních nití. Pro obrazy vzorků s rozlišením 400 *dpi* se v této skupině uplatnila hodnota Wienerova filtru 16x1 u všech třech vzorků v atlasové vazbě. Přesnější výsledky dostavy vykazovala tato metoda při rozlišení obrazu 600 *dpi*. V tomto případě se ale již nastavovaly různé hodnoty filtrů pro každý vzorek, což je nevýhodné. Hodnoty filtru byly 12x2, 16x1, 16x2. Nejpřesnější výsledky v rámci metody DIDWF vykazoval v této skupině pouze vzorek A2 při rozlišení obrazu 600 *dpi*. Nejvhodnější hodnoty Wienerova filtru pro tento vzorek byly 16x1. Hodnota dostavy osnovy zjištěna ruční metodou vzorku A2 byla 48,8 nití a hodnota dostavy osnovy zjištěna metodou DIDWF byla 46,3 nití. Hodnota dostavy útku zjištěna ruční metodou vzorku byla 45,4 nití a hodnota dostavy útku vzorku A2 zjištěna metodou

DIDWF byla 26,3 nití. Obraz vzorku A2, grafy pro osnovu a útek jsou uvedeny v Příloze 1.

Pro vzorované tkaniny již nelze určit, která hodnota Wienerova filtru se aplikovala nejčastěji z důvodu různých typů vzorů. Ve skupině vzorovaných tkanin v plátnové vazbě se nejlépe osvědčila metoda DIDWF pro výpočet dostavy kostkovaných tkanin. Podmínkou přesného výpočtu ale bylo nastavení filtrační velikosti pro hledání lokálních maxim n . Tato podmínka se týkala vzorků VP2 a VP3 s rozlišením obrazu 600 *dpi*. Hodnoty filtrační velikosti n pro tyto vzorky jsou uvedeny v následující kapitole v tabulce 4. V některých případech (VP1, VP4, VP5) bylo zapotřebí nastavit vyšší hodnoty Wienerova filtru pro osnovní nitě, nelze ale přesně specifikovat, pro který typ vzoru a rozlišení obrazu tyto hodnoty vyhovují. Výpočet dostavy metodou DIDWF se projevil jako poměrně přesný i v případě vzoru pepita vzorku VP4 s rozlišením obrazu 600 *dpi*. U plátnových tkanin s pruhovaným vzorem VP1, VP5 se tato metoda neosvědčila jako příliš efektivní. S výjimkou kostkovaných vzorů VP2 a VP3, kde bylo zapotřebí nastavit individuálně vhodnou filtrační velikost pro hledání lokálních maxim, tato metoda vykazovala lepší výsledky v rámci rozlišení obrazu 600 *dpi*. V rámci výpočtu dostavy vzorovaných tkanin v plátnové vazbě prostřednictvím metody DIDWF byl pro ukázkou aplikace této metody vybrán vzorek VP2 s kostkovaným vzorem. Podmínkou přibližného výpočtu dostavy vzorku VP2 bylo již zmíněné nastavení vhodné filtrační velikosti na hodnoty $n = 4 \times 4$ s rozlišením obrazu 600 *dpi*. Nejvhodnější hodnoty Wienerova filtru u tohoto vzorku byly 16×2 . Hodnota dostavy osnovy zjištěna ruční metodou vzorku VP2 byla 21,6 nití a hodnota dostavy osnovy zjištěna metodou DIDWF byla 20,5 nití. Hodnota dostavy útku zjištěna ruční metodou vzorku byla 18,4 nití a hodnota dostavy útku vzorku VP2 zjištěna metodou DIDWF byla 19,3 nití. Obraz vzorku VP2, grafy pro osnovu a útek jsou uvedeny v Příloze 1.

Metoda DIDWF se ve skupině vzorovaných tkanin v keprové vazbě projevila jako poměrně efektivní, zejména u rozlišení obrazu 600 *dpi*. Hodnoty Wienerova filtru bylo zapotřebí nastavit individuálně pro každý vzorek a rozlišení obrazu. Opět zde nelze určit, které hodnoty Wienerova filtru jsou v této skupině nejvhodnější. U vzorků s potištěnými vzory VK1 a VK3 tato metoda projevila poměrně přesné výsledky dostavy. Vzorky se vzorem hrotového kepru VK2, VK4, a VK6 vykazovaly

velmi dobré výsledky v rámci této metody s rozlišením obrazu 600 *dpi*. U vzorku VK7, kde se jedná o keprovou tkaninu s vytkávaným vzorem, jeví metoda DIDWF v rámci rozlišení obrazu 600 *dpi* také poměrně přesné výsledky a to hlavně dostavy útkových nití. Nejpřesnější výsledky vykazoval v rámci metody DIDWF v této skupině tkanin vzorek VK2 při rozlišení obrazu 600 *dpi*. Jedná se o vzorek keprové tkaniny s pruhovaným vzorem, který vznikl z kombinace osnovního a útkového kepru. Hodnoty Wienerova filtru zde byly nastaveny na 12x1. Hodnota dostavy osnovy zjištěna ruční metodou vzorku VK2 byla 33,4 nití a hodnota dostavy osnovy zjištěna metodou DIDWF byla 32,2 nití. Hodnota dostavy útku zjištěna ruční metodou vzorku byla 27,8 nití a hodnota dostavy útku vzorku VK2 zjištěna metodou DIDWF byla 28,6 nití. Obraz vzorku VK2, grafy pro osnovu a útek jsou uvedeny v Příloze 1.

Ve skupině vzorovaných tkanin v atlasové vazbě se metoda DIDWF projevila jako poměrně neefektivní z důvodu velkého počtu nití vzorků, jejichž hodnotu nebylo možné přesně rozpoznat. U vzorovaných tkanin v atlasové vazbě tato metoda projevovала nejhorší výsledky v rámci vzorovaných tkanin. Přesnější výsledky jevíly obrazy s rozlišením 600 *dpi*. Hodnoty Wienerova filtru, které se v této skupině vzorků aplikovaly, byly 12x1 a 16x1. Vzorek VA3 vykazoval nejpřesnější výsledky dostavy v této skupině tkanin. Právě z důvodu poměrně nízké hodnoty dostavy projevoval vzorek VA3 nejlepší výsledky oproti ostatním vzorkům, kde byly hodnoty dostavy poměrně vysoké. Vzorek VA3 je atlasová tkanina s vytkávaným vzorem typu damašek. Pro ukázkou výpočtu metody DIDWF na sadě vzorků vzorovaných tkanin s atlasovou vazbou byl tedy vybrán vzorek VA3 s rozlišením obrazu 600 *dpi* a hodnotou Wienerova filtru 12x1. Hodnota dostavy osnovy zjištěna ruční metodou vzorku VA3 byla 26,2 nití a hodnota dostavy osnovy zjištěna metodou DIDWF byla 27,4 nití. Hodnota dostavy útku zjištěna ruční metodou vzorku byla 26,6 nití a hodnota dostavy útku vzorku VA3 zjištěna metodou DIDWF byla 29,9 nití. V předchozí kapitole byl ukázán příklad aplikace metody DIDWF na vzorku tkaniny v atlasové vazbě VA3.

V případě vzorovaných vzorků v kombinované vazbě byly testovány vzorky s vysokou hodnotou dostavy. Proto prostřednictvím metody DIDWF byly vygenerovány velmi nepřesné výsledky. Hodnoty Wienerova filtru byly nastaveny na 12x1 a 16x1. U obrazů s rozlišením 600 *dpi* byly vypočítány přesnější výsledky než u rozlišení 400 *dpi*. V sadě vzorovaných tkanin v kombinované vazbě projevoval přesnější výsledky

vzorek VR2 při rozlišení obrazu 600 *dpi* a s hodnotami Wienerova filtru 12x1. Proto budou výsledky metody DIDWF ukázány na tomto vzorku. Jedná se o vzorovanou tkaninu vytvořenou kombinací rypsové a atlasové vazby. Hodnota dostavy osnovy zjištěna ruční metodou vzorku VR2 byla 55,8 nití a hodnota dostavy osnovy zjištěna metodou DIDWF byla 40,8 nití. Hodnota dostavy útku zjištěna ruční metodou vzorku byla 23,0 nití a hodnota dostavy útku vzorku VR2 zjištěna metodou DIDWF byla 19,8 nití. Obraz vzorku VR2, grafy pro osnovu a útek jsou uvedeny v Příloze 1.

6.2.4 Výsledky metody DIDWF

Hodnoty filtrační velikosti n pro určité vzorky tkanin, kde bylo potřeba provést změnu hodnot pro osnovu a útek z konstantní hodnoty $n = 2 \times 2$ pro přesnější výsledky této metody, jsou uvedeny v tabulce 4. V tabulce 5 je porovnání výsledných hodnot dostavy osnovy a útku sady vzorků získaných metodou páráním a metodou *DIDWF* při rozlišení obrazu 400 *dpi* a 600 *dpi*.

Tab. 4 Změny hodnot filtrační velikosti osnovy a útku pro určité vzorky tkanin.

Vzorek	Rozlišení 400 <i>dpi</i>		Rozlišení 600 <i>dpi</i>	
	Filtr n pro D_o	Filtr n pro D_u	Filtr n pro D_o	Filtr n pro D_u
K1	2	2	2	3
K2	2	2	3	3
K6	2	2	2	3
VP2	2	2	4	4
VP3	2	2	4	4

Tab. 5 Porovnání výsledků dostavy sady vzorků tkanin metody DIDWF.

Vzorek	Filtr 400 dpi	Filtr 600 dpi	Párání		DIDWF			
					D_o [cm ⁻¹]		D_u [cm ⁻¹]	
			D_o [cm ⁻¹]	D_u [cm ⁻¹]	400 dpi	600 dpi	400 dpi	600 dpi
P1	16x1	16x2	24,0	17,7	16,1	18,7	16,9	9,44
P2	16x2	12x2	24,3	22,5	22,6	20,1	21,4	19,1
P3	16x2	16x1	39,4	21,7	19,1	33,9	20,2	26,4
P4	16x1	16x1	38,6	22,8	20,2	35,0	19,7	33,6
P5	16x1	16x1	28,7	25,4	24,4	26,8	18,6	26,1
P6	12x2	12x2	21,6	15,6	26,1	33,2	21,7	24,8
P7	16x1	16x1	49,4	28,6	36,5	50,9	16,3	31,6
P8	16x1	16x2	29,6	25,8	32,9	44,3	25,0	32,6
P9	16x2	16x2	38,6	21,8	24,0	32,0	20,4	29,8
P10	16x1	12x1	35,0	27,0	27,4	41,2	18,5	27,6
P11	16x2	16x1	38,0	30,2	18,8	39,0	16,1	36,0
K1	12x1	12x2	37,6	24,8	27,2	40,6	26,8	24,6
K2	12x2	12x2	26,6	16,0	22,8	25,6	19,4	16,9
K3	16x1	16x1	35,4	21,6	30,0	45,3	22,0	27,5
K4	16x2	12x1	22,6	23,4	20,2	21,1	21,4	21,4
K5	12x1	12x2	42,2	27,4	23,1	40,8	19,5	27,1
K6	12x1	12x2	35,8	19,8	29,1	32,5	13,9	18,6
K7	12x1	12x1	34,4	21,6	31,8	30,5	24,6	20,1
K8	16x2	16x2	27,0	17,6	24,1	27,9	15,6	18,6
K9	12x1	16x2	32,2	24,4	26,9	29,4	22,4	21,7
K10	16x1	16x2	24,0	16,6	23,9	24,6	17,0	17,8
K11	12x1	12x2	44,8	32,2	26,1	46,7	17,8	29,0
A1	16x1	12x2	80,2	24,4	24,0	43,1	17,5	23,6
A2	16x1	16x1	48,8	45,4	24,4	46,3	22,5	26,3
A3	16x1	16x2	60,4	29,2	23,3	38,1	22,4	32,6
VP1	64x1	16x2	43,9	26,6	18,2	23,2	22,5	27,8
VP2	12x2	16x2	21,6	18,4	23,7	20,5	17,6	19,3
VP3	12x1	12x1	21,2	18,8	23,7	19,9	19,0	19,0
VP4	12x1	64x2	17,0	17,0	12,2	15,3	9,60	17,4
VP5	64x1	16x1	43,4	31,0	20,1	28,8	13,5	19,7
VK1	64x1	64x1	28,2	22,2	26,9	28,2	18,5	26,2
VK2	16x1	12x1	33,4	27,8	22,6	32,2	11,7	28,6
VK3	16x2	12x2	26,6	19,0	24,5	26,1	17,5	16,8
VK4	16x2	12x1	35,0	22,6	21,5	32,8	19,0	22,4
VK5	12x2	12x1	37,4	21,8	21,1	29,2	19,3	20,5
VK6	12x1	64x1	30,0	19,8	19,2	28,6	18,8	20,0
VK7	12x1	16x1	50,0	28,8	25,7	43,6	25,3	28,0
VA1	16x1	12x1	88,6	39,8	16,9	35,2	8,28	26,6
VA2	12x1	16x1	49,4	38,4	22,7	31,4	21,6	25,2
VA3	16x1	12x1	26,2	26,6	25,3	27,4	19,6	29,9
VR1	16x1	16x1	69,0	43,4	23,1	25,8	17,3	27,5
VR2	16x1	12x1	55,8	23,0	24,2	40,8	20,1	19,8

6.2.5 Zhodnocení metody DIDWF

Metoda DIDWF se osvědčila v případě tkanin v keprové vazbě více než u tkanin v plátnové vazbě. V některých případech keprových tkanin bylo ale zapotřebí u rozlišení obrazu 600 *dpi* nastavit filtrační velikost n pro hledání lokálních maxim pro dosažení přesnějších výsledků. U atlasových vazeb se tato metoda projevila jako neefektivní z důvodu velkého počtu zejména osnovních nití, kdy byla vzdálenost mezi nitěmi velmi malá, a proto jejich počet nebylo možné přesně rozeznat. Z experimentu nelze přesně definovat jaká přesná velikost Wienerova filtru je pro danou skupinu nejvhodnější, lze ale stanovit interval, ve kterém se tyto hodnoty nejčastěji pohybovaly. V případě nevzorovaných tkanin v plátnové, keprové a atlasové vazbě se hodnoty Wienerova filtru nastavily na hodnoty 12 a 16 pro osnovní nitě, 1 a 2 pro útkové nitě.

U některých vzorovaných tkanin se metoda DIDWF projevila jako poměrně efektivní. Hlavně v případě tkanin v plátnové a keprové vazbě s různými vzory jak tištěnými, tak i vytkávanými vykazovala tato metoda poměrně dobré výsledky. U vzorovaných tkanin v atlasové a kombinované vazbě se tato metoda neprojevila jako příliš efektivní opět z důvodu velkého počtu nití a malé vzdálenosti mezi nimi. U vzorovaných tkanin však nelze přesně definovat, jaká velikost Wienerova filtru je pro danou skupinu tkanin nejvhodnější.

Ve většině případů vykazovaly přesnější výsledky obrazy vzorků s rozlišením 600 *dpi* než u obrazů s rozlišením 400 *dpi*. Z výsledků plyne, že tuto metodu lze aplikovat hlavně pro tkaniny v keprové vazbě, vzorované tkaniny v plátnové a keprové vazbě při rozlišení obrazu 600 *dpi*. Jeden z hlavních kritérií přesného výpočtu dostavy tkanin pomocí metody DIDWF je menší počet nití a vhodná velikost Wienerova filtru. Při velkém počtu nití není tato metoda schopna rozeznat vzdálenosti mezi nitěmi a tím i jejich přesný počet. Nevýhodou této metody je nalézt správné hodnoty filtru, nebo alespoň jejich interval pro danou skupinu tkanin.

6.3 Metoda rozložení obrazu pomocí mediánového filtru (DIDMF)

Filtrování obrazu prostřednictvím mediánových hodnot matice obrazu je nelineární filtrační metoda DIDMF (*Digital Image Decomposition of Median Filter*), která se zejména používá pro odstranění šumu z obrazu (sůl a pepř). Jedná se o filtrování mediánových hodnot stupňů šedi monochromatického obrazu, která představuje filtrování matice obrazu ve dvou rozměrech. Každý pixel obrazu obsahuje mediánovou hodnotu okna nadefinovaného vstupními parametry filtru, kdy se porovnávají hodnoty v sousedství okolo korespondujícího pixelu ve vstupním obrazu [3].

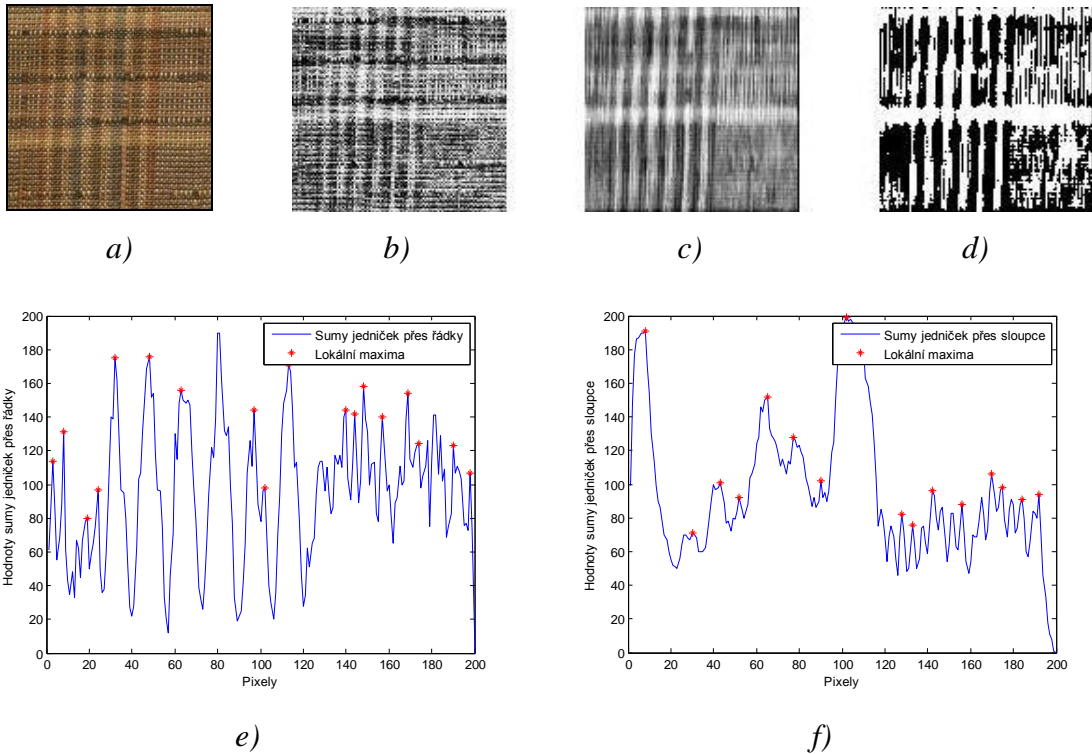
6.3.1 Princip metody DIDMF

V práci [3] byla použita metoda mediánového filtru s jádrem ve tvaru řadového vektoru pro hledání pozic nití bez segmentování okna. Nelineární metoda mediánového filtru a průměr z řady vektorů profilu je základem pro stanovení hodnoty dostavy tkaniny. Algoritmus a postup výpočtu dostavy tkaniny včetně předzpracování a rozložení obrazu je založen na stejném principu jako u metody DIDWF. Pro nastavení mediánového filtru slouží v Matlabu zabudovaný příkaz `medfilt2.m`, kde vstupními parametry je obrázek, který chceme rozložit a parametry filtru pro horizontální a vertikální směr. V příloze 2 a na přiloženém CD je uveden zdrojový kód pro metodu DIDMF vytvořený v programu MATLAB.

6.3.2 Příklad aplikace metody DIDMF na vzorované tkanině v plátňové vazbě

Plátňové tkaniny s kostkovanými vzory vykazovaly při rozlišení obrazu 600 *dpi* nejpřesnější výsledky, proto byl vybrán pro ukázkou aplikace metody DIDMF na této skupině vzorků vzorek VP3. Tento vzorek vykazoval při rozlišení obrazu 600 *dpi* a hodnotě mediánového filtru 16x2 nejlepší výsledky v této skupině tkanin. Filtrační velikost pro hledání lokálních maxim n byla nastavena na hodnoty $n = 3 \times 4$. Výsledné hodnoty dostavy vzorku VP3 jsou uvedeny v následující kapitole.

Ukázka vzorku VP3 o velikosti 200x200 pixelů s rozlišením obrazu 600 *dpi* a), b) monochromatický obraz, c) filtrovaný obraz, d) binární rozložený obraz ve vertikálním směru vzorku VP3 o velikosti obrazu 200x200 pixelů s hodnotou mediánového filtru 16x2 jsou zobrazeny na obr. 10. Grafy průběhu hodnot sum jedniček přes řádky a sloupce obrazové matice pro osnovu a útek jsou na obr. 10 e), f).



Obr. 10 Vzorek VP3 a), b) monochromatický obraz, c) filtrovaný obraz podle hodnot 16x2, d) rozložený binární obraz ve vertikálním směru vzorku VP3. Grafy průběhu hodnot sum jedniček obrazové matice vzorku VP3 přes řádky pro osnovu e) a přes sloupce pro útek f).

6.3.3 Aplikace metody DIDMF na sadě vzorků

Ve skupině tkanin v plátňové vazbě se v případě rozlišení obrazu 400 *dpi* nejvíce uplatnila velikost mediánového filtru 16x1, dalšími použitými velikostmi byly 16x2, 12x2 a 12x1. U rozlišení obrazu 600 *dpi* byly aplikovány hodnoty mediánového filtru 16x2 a 16x1, jiné hodnoty se zde neuplatnily. Přesnější výsledky ve většině případů vykazovaly obrazy tkanin při rozlišení 600 *dpi*. Tato metoda se neprojevila jako příliš efektivní ve skupině tkanin v plátňové vazbě. V rámci metody DIDMF u tkanin v plátňové vazbě vykazoval jeden z nejpřesnějších výsledků vzorek P10 při rozlišení obrazu 600 *dpi* s nastavenou hodnotou mediánového filtru na 16x2. Hodnota dostavy osnovy zjištěna ruční metodou vzorku P10 byla 35,0 nití a hodnota dostavy osnovy zjištěna metodou DIDMF byla 37,5 nití. Hodnota dostavy útku zjištěna ruční metodou vzorku byla 27,0 nití a hodnota dostavy útku vzorku P10 zjištěna metodou DIDMF byla 25,7 nití. Obraz vzorku P10, grafy pro osnovu a útek jsou uvedeny v Příloze 1.

Sada vzorků v keprové vazbě metoda DIDMF vykazovala přesnější hodnoty dostavy než v případě tkanin v plátňové vazbě. Nejvhodnější hodnoty mediánového filtru v případě rozlišení obrazu 400 *dpi* i 600 *dpi* byly 12x2, dále pak 12x1, 16x1 a 16x2. Metoda DIDMF vykazovala přesnější výsledky dostavy vzorků tkanin ve většině případů při rozlišení obrazu 600 *dpi*. U vzorků keprové vazby K2, K3 a K6 bylo zapotřebí nastavit individuálně filtrační velikost n pro hledání lokálních maxim z konstantní hodnoty $n = 2 \times 2$ na experimentálně nastavenou hodnotu pro dosažení přesnějších výsledků. Hodnoty filtrační velikosti n pro tyto vzorky jsou v další kapitole v tabulce 6. V této sadě vzorků vykazoval jedny z nejlepších výsledků vzorek keprové vazby K10 při rozlišení obrazu 400 *dpi* s nastavenou hodnotou mediánového filtru 16x2. Hodnota dostavy osnovy zjištěna ruční metodou vzorku K10 byla 24,0 nití a hodnota dostavy osnovy zjištěna metodou DIDMF byla 23,9 nití. Hodnota dostavy útku zjištěna ruční metodou vzorku byla 16,6 nití a hodnota dostavy útku vzorku K10 zjištěna metodou DIDMF byla 16,9 nití. Obraz vzorku K10, grafy pro osnovu a útek jsou uvedeny v Příloze 1.

V sadě vzorků v atlasové vazbě se metoda DIDMF neosvědčila jako příliš efektivní. Hlavním důvodem nepřesných výsledků byl především velký počet osnovních nití, kdy nebylo možné přesně rozlišit vzdálenost mezi nitěmi, a tím vygenerovat jejich přibližný počet. Velikost mediánového filtru byla v případě rozlišení obrazu 400 *dpi* a 600 *dpi* 16x1, 12x1 a 12x2. Obrazy vzorků při rozlišení 600 *dpi* vykazovaly přesnější výsledky než při rozlišení 400 *dpi*. Pro ukázkou aplikace metody DIDMF na sadě vzorků s atlasovou vazbou byl vybrán vzorek A2 při rozlišení obrazu 600 *dpi* s nastaveným mediánovým filtrem na hodnoty 12x1. Hodnota dostavy osnovy zjištěna ruční metodou vzorku A2 byla 48,8 nití a hodnota dostavy osnovy zjištěna metodou DIDMF byla 45,0 nití. Hodnota dostavy útku zjištěna ruční metodou vzorku byla 45,4 nití a hodnota dostavy útku vzorku A2 zjištěna metodou DIDMF byla 27,3 nití. Obraz vzorku A2, grafy pro osnovu a útek jsou uvedeny v Příloze 1.

Pro skupinu vzorovaných tkanin v plátňové vazbě u metody DIDMF nelze, stejně jako v případě metody DIDWF, přesně definovat rozsah vhodné velikosti mediánového filtru. V případě sady vzorovaných plátňových tkanin s pruhy VP1 a VP5 tato metoda nevykazovala příliš dobré výsledky dostavy. Naopak nejlepší výsledky v této sadě vzorků projevovaly vzorované tkaniny v podobě kostek VP2 a VP3. Pro

dosažení přesnějších výsledků bylo ale zapotřebí nastavit vhodnou filtrační velikost n pro hledání lokálních maxim. Hodnoty filtrační velikosti n pro vzorky VP2 a VP3 jsou v další kapitole v tabulce 6. Tato metoda vykazovala přesnější výsledky v této skupině tkanin u rozlišení obrazu 600 *dpi*. Velmi dobré výsledky vykazoval vzorek tkaniny v plátňové vazbě VP3 při rozlišení obrazu 600 *dpi* a velikosti mediánového filtru 16x2. Vzorek VP3 je vzorovaná tkanina v podobě kostek. Nejvhodnější filtrační velikost pro hledání lokálních maxim zde byla $n = 3 \times 4$. Hodnota dostavy osnovy zjištěna ruční metodou vzorku VP3 byla 21,2 nití a hodnota dostavy osnovy zjištěna metodou DIDMF byla 20,6 nití. Hodnota dostavy útku zjištěna ruční metodou vzorku byla 18,8 nití a hodnota dostavy útku vzorku VP3 zjištěna metodou DIDMF byla 19,2 nití. V předchozí kapitole byl ukázán příklad aplikace metody DIDMF na vzorku vzorované tkaniny v plátňové vazbě VP3.

Ve skupině vzorovaných tkanin v keprové vazbě se metoda DIDMF projevila jako poměrně efektivní. Zde nebylo zapotřebí upravovat filtrační velikost pro hledání lokálních maxim z konstantní hodnoty $n = 2 \times 2$. Vzorky s tištěnými vzory VK1 a VK3 vykazovaly v této skupině nejpřesnější výsledky. Také vzorky s hrotovými kepry VK2, VK4, VK5 a VK6 vykazovaly poměrně přesné výsledky. Přesnější výsledky vykazovaly obrazy vzorků s rozlišením 600 *dpi*. Pro ukázkou aplikace metody DIDMF v této skupině tkanin byl vybrán vzorek VK1 při rozlišení obrazu 600 *dpi*. Nejvhodnější velikost mediánového filtru byla 12x2. Jedná se o vzorek keprové vazby s tištěným vzorem v podobě světlých puntíků. Hodnota dostavy osnovy zjištěna ruční metodou vzorku VK1 byla 28,2 nití a hodnota dostavy osnovy zjištěna metodou DIDMF byla 29,4 nití. Hodnota dostavy útku zjištěna ruční metodou vzorku byla 22,2 nití a hodnota dostavy útku vzorku VK1 zjištěna metodou DIDMF byla 22,6 nití. Obraz vzorku VK1, grafy pro osnovu a útek jsou uvedeny v Příloze 1.

Metoda DIDMF ve skupině vzorovaných tkanin v atlasové vazbě, podobně jako metoda DIDWF, projevila jako vcelku neefektivní. Hlavním důvodem byl opět velký počet zejména osnovních nití, kdy nelze přesně rozeznat vzdálenost mezi nitěmi, a tím i určit jejich přesný počet. Přesnější hodnoty dostavy vykazovaly vzorky s rozlišením obrazu 600 *dpi*. Vzorek VA3 s rozlišením obrazu 400 *dpi* vykazoval v této sadě vzorků nejpřesnější výsledky. Jedná se o tkaninu v atlasové vazbě s vytkávaným vzorem typu damašek. Nejvhodnější velikost mediánového filtru byla 12x1. Hodnota dostavy osnovy

zjištěna ruční metodou vzorku VA3 byla 26,2 nití a hodnota dostavy osnovy zjištěna metodou DIDMF byla 28,5 nití. Hodnota dostavy útku zjištěna ruční metodou vzorku byla 26,6 nití a hodnota dostavy útku vzorku VA3 zjištěna metodou DIDMF byla 21,9 nití. Obraz vzorku VA3, grafy pro osnovu a útek jsou uvedeny v Příloze 1.

V případě sady vzorovaných vzorků v kombinované vazbě se uplatnila pouze velikost mediánového filtru 16x1 jak v případě rozlišení obrazu 400 *dpi*, tak i v případě rozlišení obrazu 600 *dpi*. Podobně jako u metody DIDWF se metoda DIDMF neprojevila v této skupině vzorků jako příliš efektivní. Přesnější výsledky vykazovaly vzorky s rozlišením obrazu 600 *dpi*. Pro ukázkou aplikace této metody na tkaninách v kombinované vazbě byl vybrán vzorek VR2 při rozlišení obrazu 600 *dpi* s nastaveným mediánovým filtrem na hodnoty 16x1. Jedná se o vzorek tkaniny se vzory vytvořenými kombinací atlasové a rypsové vazby. Hodnota dostavy osnovy zjištěna ruční metodou vzorku VR2 byla 55,8 nití a hodnota dostavy osnovy zjištěna metodou DIDMF byla 38,1 nití. Hodnota dostavy útku zjištěna ruční metodou vzorku byla 23,0 nití a hodnota dostavy útku vzorku VR2 zjištěna metodou DIDMF byla 24,8 nití. Obraz vzorku VR2, grafy pro osnovu a útek jsou uvedeny v Příloze 1.

6.3.4 Výsledky metody DIDMF

Hodnoty filtrační velikosti n pro určité vzorky tkanin, kde bylo potřeba provést změnu hodnot pro osnovu a útek z konstantní hodnoty $n = 2 \times 2$ pro přesnější výsledky této metody, jsou uvedeny v tabulce 6. V tabulce 7 je porovnání výsledných hodnot dostavy osnovy a útku sady vzorků získaných metodou páráním a metodou DIDMF při rozlišení obrazu 400 *dpi* a 600 *dpi*.

Tab. 6 Změny hodnot filtrační velikosti osnovy a útku pro určité vzorky tkanin.

Vzorek	Rozlišení 400 <i>dpi</i>		Rozlišení 600 <i>dpi</i>	
	Filtr n pro D_o	Filtr n pro D_u	Filtr n pro D_o	Filtr n pro D_u
K2	2	2	4	3
K3	2	2	3	3
K6	2	2	2	3
VP2	2	2	4	3
VP3	2	2	3	4

Tab. 7 Porovnání výsledků dostavy sady vzorků tkanin metody DIDMF.

Vzorek	Filtr 400 dpi	Filtr 600 dpi	Párání		DIDMF			
					D_o [cm ⁻¹]		D_u [cm ⁻¹]	
			D_o [cm ⁻¹]	D_u [cm ⁻¹]	400 dpi	600 dpi	400 dpi	600 dpi
P1	12x1	16x2	24,0	17,7	16,2	20,1	20,2	13,3
P2	16x1	16x1	24,3	22,5	19,2	15,9	16,5	22,2
P3	16x1	16x1	39,4	21,7	19,9	35,0	18,8	19,8
P4	16x1	16x1	38,6	22,8	21,2	37,4	18,8	27,1
P5	16x2	16x2	28,7	25,4	23,9	27,2	18,0	19,0
P6	16x1	16x1	21,6	15,6	27,9	43,4	17,4	16,8
P7	12x1	16x1	49,4	28,6	38,6	50,9	14,6	21,2
P8	16x2	16x2	29,6	25,8	28,9	42,0	19,5	28,5
P9	16x1	16x2	38,6	21,8	28,7	36,9	23,2	29,7
P10	12x2	16x2	35,0	27,0	28,2	37,5	16,4	25,7
P11	16x1	16x1	38,0	30,2	18,7	37,7	18,6	19,2
K1	12x2	12x2	37,6	24,8	27,5	37,9	21,4	25,4
K2	12x1	12x1	26,6	16,0	29,9	25,4	15,6	17,0
K3	12x2	16x1	35,4	21,6	28,4	35,0	22,1	21,8
K4	12x1	12x1	22,6	23,4	19,4	23,2	25,4	22,0
K5	12x1	12x1	42,2	27,4	23,1	40,4	14,4	24,1
K6	12x1	16x1	35,8	19,8	31,7	33,7	10,1	19,9
K7	16x1	12x2	34,4	21,6	33,0	33,7	14,7	22,7
K8	16x1	12x2	27,0	17,6	24,2	29,5	17,7	20,3
K9	12x1	16x2	32,2	24,4	25,3	29,7	20,5	21,8
K10	16x2	16x2	24,0	16,6	23,9	27,1	16,9	24,5
K11	12x1	12x2	44,8	32,2	26,1	41,2	20,0	27,1
A1	16x1	12x2	80,2	24,4	24,4	43,4	20,2	26,6
A2	16x1	12x1	48,8	45,4	26,1	45,0	15,5	27,3
A3	12x1	16x1	60,4	29,2	24,3	37,6	20,0	29,8
VP1	32x2	8x2	43,9	26,6	16,8	21,8	NaN	26,2
VP2	12x2	12x1	21,6	18,4	23,1	23,9	17,6	20,1
VP3	16x1	16x2	21,2	18,8	25,3	20,6	17,6	19,2
VP4	12x1	64x1	17,0	17,0	11,4	14,1	6,10	13,1
VP5	16x1	12x2	43,4	31,0	21,7	30,8	9,41	20,5
VK1	12x1	12x2	28,2	22,2	23,8	29,4	19,3	22,6
VK2	12x1	12x1	33,4	27,8	25,8	34,4	14,8	21,9
VK3	12x2	16x1	26,6	19,0	25,3	29,7	15,4	18,7
VK4	12x1	16x1	35,0	22,6	20,5	32,8	18,6	22,6
VK5	12x1	16x1	37,4	21,8	19,3	33,7	17,0	22,3
VK6	12x1	16x1	30,0	19,8	18,3	28,7	16,9	20,9
VK7	12x1	12x1	50,0	28,8	24,4	49,0	24,3	31,0
VA1	12x1	12x2	88,6	39,8	21,3	35,6	9,03	22,1
VA2	16x1	12x1	49,4	38,4	23,5	31,4	18,5	25,8
VA3	12x1	12x2	26,2	26,6	28,5	33,7	21,9	31,1
VR1	16x1	16x1	69,0	43,4	27,0	34,5	14,6	22,1
VR2	16x1	16x1	55,8	23,0	26,4	38,1	17,3	24,8

6.3.5 Zhodnocení metody DIDMF

Tato metoda byla založena na podobném principu jako předchozí metoda DIDWF, kdy se obraz tkaniny rozkládal pomocí Wienerova filtru. Při porovnání výsledných hodnot dostavy vzorků vykazovaly obě metody podobné výsledky, ale většinou při jiných hodnotách filtru.

V případě tkanin v plátňové vazbě nevykazovala tato metoda příliš přesné výsledky. Naopak tato metoda vykazovala poměrně přesné výsledky ve skupině tkanin v keprové vazbě při rozlišení obrazu 600 *dpi*. Podmínkou přesnějších výsledků bylo u některých vzorků experimentální nastavení filtrační velikosti n pro hledání lokálních maxim (vzorky K2, K3, K6). Pro výpočet dostavy sady vzorků v atlasové vazbě se metoda DIDWF neprojevila jako příliš efektivní, zejména v rámci výpočtu dostavy osnovních nití, jejichž počet je poměrně velký a nelze přesně rozeznat vzdálenost mezi nimi.

Metoda DIDWF se projevila jako poměrně efektivní ve skupině vzorovaných tkanin v keprové vazbě při rozlišení obrazu 600 *dpi*. U ostatních vzorovaných tkanin nebyly již výsledky dostavy tak přesné. Z výsledných hodnot této metody plyne, že lze tuto metodu aplikovat zejména pro skupinu tkanin v keprové vazbě při rozlišení obrazu 600 *dpi* a to jak pro tkaniny beze vzoru, tak i se vzorem.

6.4 Metoda matice vzájemného výskytu úrovní šedi (GLCM)

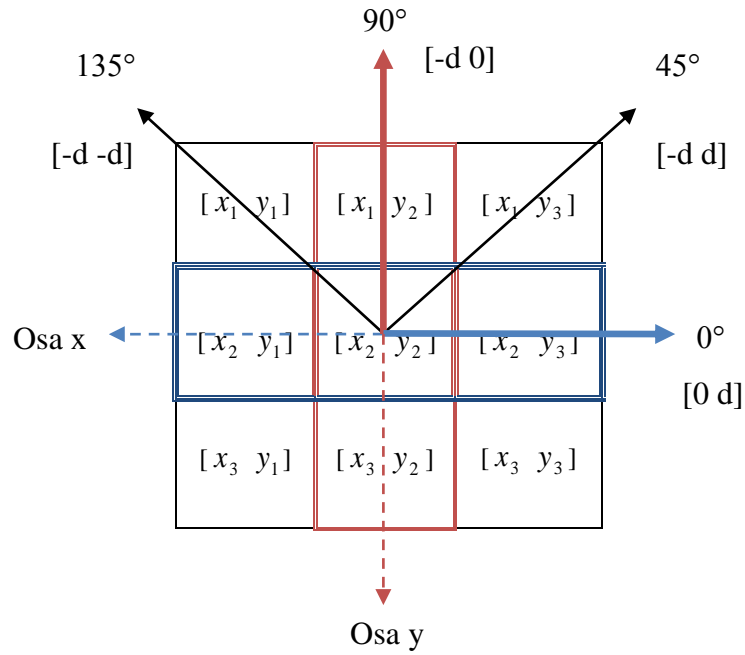
Tato metoda je založena na matici vzájemného výskytu úrovní šedi GLCM (*Gray Level Cooccurrence Matrix*). Matici vzájemného výskytu úrovní šedi lze zařadit mezi globální informace o obraze, díky níž se mohou zjednodušit aplikované algoritmy pro analýzu obrazu. Charakteristiky vypočítané z matic GLCM patří mezi texturní charakteristiky druhého řádu. Charakteristiky druhého řádu nám dávají informaci o vztahu úrovně šedi mezi sousedními pixely v matici obrazu. Jedná se o charakteristiky dvojrozměrného rozdělení pravděpodobnosti.

Matice vzájemného výskytu úrovní šedi je čtvercová, jejíž rozměry jsou dány počtem úrovní šedi v obraze. Lze ji definovat prostřednictvím dvou parametrů d a θ . Parametr d vyjadřuje vzdálenost mezi dvěma pixely v obraze. Parametr θ vyznačuje úhel mezi dvěma sousedními pixely se souřadnicemi (x_1, y_1) a (x_2, y_2) [16].

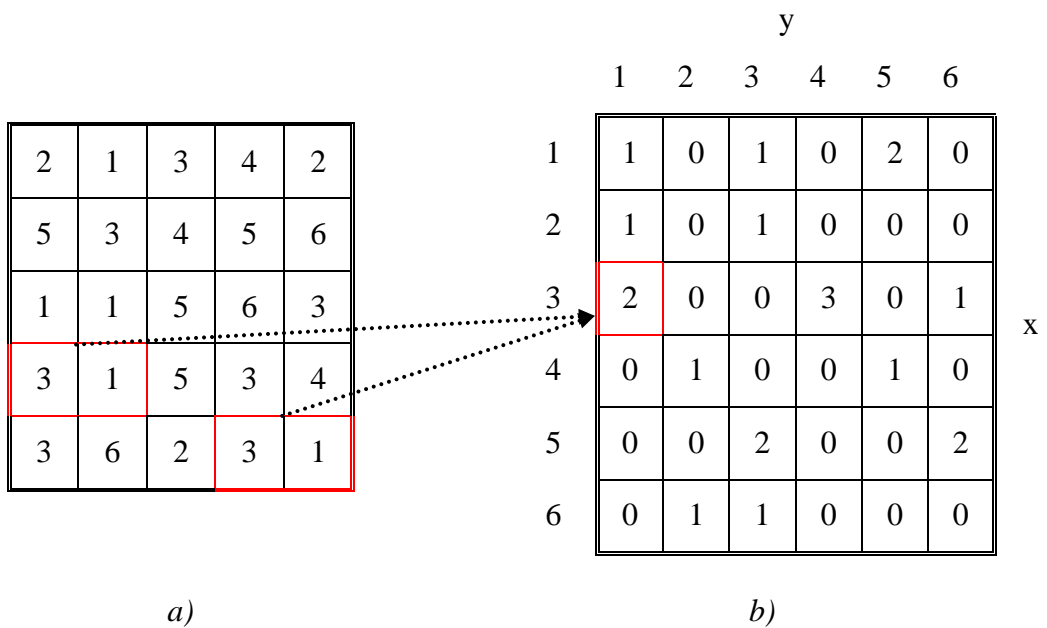
V této metodě jsou 4 hlavní směry úhlů θ mezi pozicemi sousedních pixelů a to pro horizontální směr $\theta = 0^\circ$, pro vertikální směr $\theta = 90^\circ$, pro pravý diagonální směr $\theta = 45^\circ$ a pro levý diagonální směr $\theta = 135^\circ$. V této práci budou aplikovány pouze směry horizontální a vertikální. Horizontální úroveň je ve směru osy x a vyznačuje směr útku v obraze tkaniny. Vertikální úroveň je ve směru osy y a charakterizuje v obraze tkaniny směr osnovy. V programu MATLAB slouží pro určení matice vzájemného výskytu úrovní šedi z obrazu zabudovaný příkaz `graycomatrix.m` [4].

Na obr. 11 jsou vyznačeny 4 hlavní úhly mezi pozicemi sousedních pixelů θ a definované vzdálenosti d vzhledem k souřadnicím pixelů x a y pro dané směry úhlů v matici obrazu 3x3 (horizontální, vertikální, pravý diagonální a levý diagonální směr).

Ukázka principu výpočtu matice vzájemného výskytu úrovní šedi z hodnot pixelů matice obrazu I je na obr. 12 a), b). Pro výpočet matice vzájemného výskytu úrovní šedi byla aplikována vzdálenost $d = 1$ ve směru úhlu $\theta = 0^\circ$. Pro tyto parametry probíhá výpočet v souřadném systému x, y způsobem $x + 1, y + 0$ dle systému vyznačenému na obr. 11.



Obr. 11 Matice obrazu 3x3 s vyznačenými pozicemi čtyř hlavních úhlů θ a definovanými vzdálenostmi d mezi sousedními pixely pro dané úhly se souřadnicemi pro daný směr x a y .



Obr. 12 Příklad matice obrazu I o velikosti 5x5 pixelů s počtem úrovní šedi $G = 6$ a). Matice vzájemného výskytu úrovní šedi pro matici obrazu I b) s vyznačeným principem výpočtu pro parametry $d = 1$ a $\theta = 0^\circ$.

6.4.1 Charakteristiky druhého řádu získané z GLCM

Experimentální výpočet dostavy metodou GLCM probíhal v programu MATLAB prostřednictvím hodnot 4 charakteristik matice vzájemného výskytu úrovní šedi, které jsou významné u textur tkanin:

- kontrast,
- korelace,
- energie,
- homogenita.

Charakteristika kontrast vrací hodnoty intensity kontrastu obrazu vždy mezi dvěma sousedními pixely přes celou matici GLCM o velikosti $M \times N$. Tato vlastnost je v programu MATLAB vypočítána automaticky jako vestavěná charakteristika 'Contrast' ze vztahu

$$Contrast = \sum_{x,y} |x - y|^2 p(x, y), \quad (10)$$

kde x, y jsou souřadnice pixelu v matici GLCM a p je prvek matice GLCM v daném pixelu. Hodnota kontrastu 0 vyjadřuje konstantní hodnoty matice GLCM.

Další charakteristikou matice vzájemného výskytu úrovní šedi je korelace. Vlastnost korelace vyjadřuje, jak je korelovaná (závislá) hodnota pixelu na hodnotě svého sousedního pixelu přes celou matici GLCM. Rozpětí hodnot korelace se pohybuje v rozmezí od 1 do -1 , kdy hodnota 0 znamená, že hodnoty mezi sousedními pixely jsou nezávislé. Kladné a záporné znaménka u hodnot korelace vyjadřují pozitivní (+) a negativní (−) závislost hodnot mezi sousedními pixely. Charakteristika korelace je v programu MATLAB vypočítána automaticky jako zabudovaná charakteristika 'Correlation' ze vztahu

$$Correlation = \sum_{x,y} \frac{(x - \mu_x)(y - \mu_y)p(x, y)}{\sigma_x \sigma_y}, \quad (11)$$

kde x, y jsou souřadnice pixelu v matici GLCM, p je prvek matice GLCM v daném pixelu, μ_x, μ_y vyjadřují střední hodnotu a σ_x, σ_y jsou směrodatné odchylky hodnot přes řádky a sloupce v matici GLCM (x,y) .

Energie je charakteristikou matice vzájemného výskytu úrovní šedi, která vyjadřuje součet čtverců jednotlivých elementů v matici GLCM. Rozpětí těchto hodnot se pohybuje v rozmezí 0 a 1. Vlastnost energie je v programu MATLAB vypočítána automaticky jako nadefinovaná charakteristika 'Energy' ze vztahu

$$Energy = \sum_{x,y} p(x,y)^2, \quad (12)$$

kde x, y jsou souřadnice pixelu v matici GLCM a p je prvek matice GLCM v daném pixelu. Hodnota energie 1 vyjadřuje konstantní hodnoty matice GLCM.

Poslední charakteristika homogenita vrací hodnoty, které vyjadřují, zda hodnoty pixelů pocházejí ze stejného rozdělení v diagonálním směru. Hodnoty vlastnosti homogenita se pohybují v rozpětí 0 a 1. Vlastnost homogenita je v programu MATLAB vypočítána automaticky jako zaimplementovaná charakteristika 'Homogeneity' ze vztahu

$$Homogeneity = \sum_{x,y} \frac{p(x,y)}{1+(x-y)}, \quad (13)$$

kde x,y jsou souřadnice pixelu v matici GLCM a p je prvek matice GLCM v daném pixelu [4].

Charakteristiky matice vzájemného výskytu úrovní šedi se v experimentu nastavovaly individuálně podle výsledků hodnot dostavy použitých vzorků tkanin. V experimentu se aplikovaly všechny čtyři charakteristiky u každého vzorku tkaniny s rozlišením obrazu 400 *dpi* a 600 *dpi*. Podle výsledků dostavy vzorků tkanin, které byly nejbližší hodnotě dostavy stanovené ruční metodou páráním, se stanovila nejvhodnější charakteristika pro daný vzorek tkaniny.

6.4.2 Princip metody GLCM

Stanovení dostavy tkaniny pomocí metody GLCM je založeno na podobném principu jako u metody GLPM. Hodnota dostavy tkaniny se získává z pixelové rozteče pozic jednotlivých lokálních maxim mezi vrcholy (nebo údolími) z grafu průběhu hodnot nadefinované charakteristiky matice vzájemného výskytu úrovní šedi ve směru 0° pro osnovu a 90° pro útek. Periodicitu podél horizontálního a vertikálního směru lze získat podle vykreslení hodnot charakteristik GLCM proti rozteči pixelů d (v této práci

je d od 0 po 199), podle kterého se pak určuje počet opakování v pixelech. Pixelová rozteč mezi jednotlivými lokálními maximy se poté převede na hodnoty v centimetrech. Z těchto hodnot se stanoví průměr, který odpovídá počtu nití na 1 centimetr pro nadefinovaný směr (0° nebo 90°) v obrazu tkaniny. Na rozdíl od metody GLPM bylo nutno v metodě GLCM nastavit počet úrovní šedi obrazu G , velikost výpočetní plochy obrazu tkaniny, hodnotu pixelové rozteče d a charakteristiky matice vzájemného výskytu úrovní šedi (nastavitelné parametry).

Maximální počet úrovní šedi obrazu G , podle kterých je počítána matice vzájemného výskytu úrovní šedi, je $G = 256$. V této práci bylo nadefinováno 16 úrovní šedi pro výpočet dostavy tkaniny. Změna velikosti počtu úrovní šedi k vyšším hodnotám neměla příliš v tomto experimentu vliv na výsledky hodnot dostavy tkaniny.

Dalším nastavitelným parametrem v metodě GLCM byla velikost plochy obrazu tkaniny, ze které se počítala matice vzájemného výskytu úrovní šedi. Čím větší zvolená plocha pro výpočet dostavy tkaniny, tím déle probíhal výpočetní čas. Z důvodu zkrácení doby výpočtu dostavy byla nastavena výpočetní plocha u každého vzorku tkaniny na 200×200 pixelů.

Mezi nejvýznamnější rozdíl mezi metodami GLCM a GLPM patří nutnost nadefinování charakteristik matice vzájemného výskytu úrovní šedi, z jejichž hodnot bude vypočítána hodnota dostavy tkaniny. Zdrojový kód pro tuto metodu vytvořený v programu MATLAB je v Příloze 2 a na vytvořeném CD.

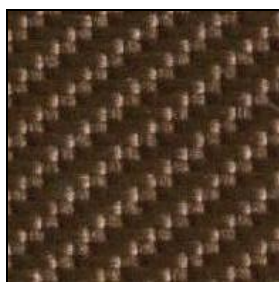
6.4.3 Příklad aplikace metody GLPM na tkanině v keprové vazbě

Pro porovnání aplikace 4 charakteristik a z nich vypočítané hodnoty dostavy byl pro ukázkou vybrán vzorek v keprové vazbě K4, který vykazoval v této skupině vzorků poměrně přesné výsledky dostavy vypočítané z hodnot charakteristiky energie. Tabulka 8 obsahuje výsledné hodnoty dostavy pro vzorek K4 získané ze všech čtyř charakteristik pro rozlišení obrazu 600 dpi . Obraz vzorku K4 s rozlišením 600 dpi o velikosti 200×200 pixelů a) a předzpracovaný obraz pomocí funkce `histeq` b) vzorku K4 jsou na obr. 13. Pro ukázkou jsou zde zobrazeny grafy pro všechny popsání charakteristik matice vygenerované z metody GLCM pro vzorek K4. Grafy získané z hodnot charakteristiky kontrastu c), d), z hodnot charakteristiky korelace e), f),

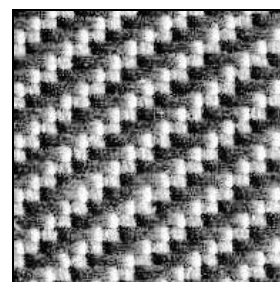
z hodnot charakteristiky energie g), h) a charakteristiky homogenita ch), i) pro vzorek K4 jsou na obr. 13.

Tab. 8 Hodnoty dostavy osnovy a útku vzorku K4 u jednotlivých charakteristik.

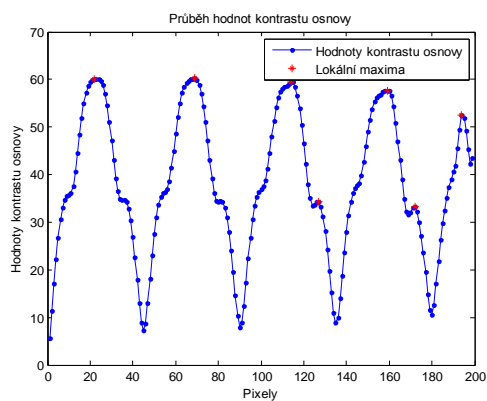
Vlastnost	Rozlišení 400 dpi		Rozlišení 600 dpi	
	GLCM $D_o [cm^{-1}]$	GLCM $D_u [cm^{-1}]$	GLCM $D_o [cm^{-1}]$	GLCM $D_u [cm^{-1}]$
Kontrast	5,20	6,2	8,30	6,20
Korelace	5,20	6,2	10,5	6,20
Energie	11,5	12,3	21,9	24,6
Homogenita	5,80	6,6	11,4	6,20



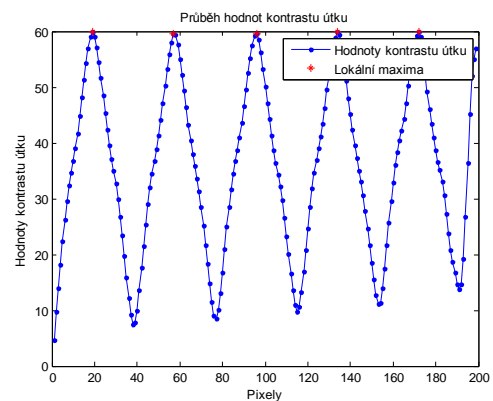
a)



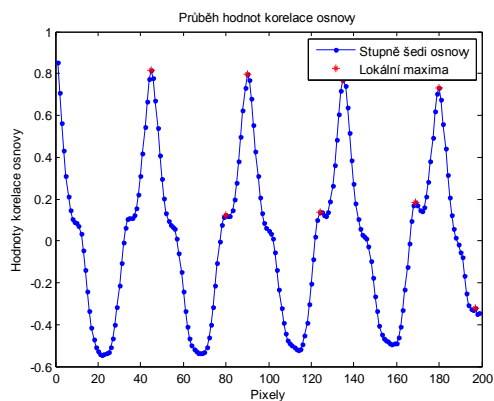
b)



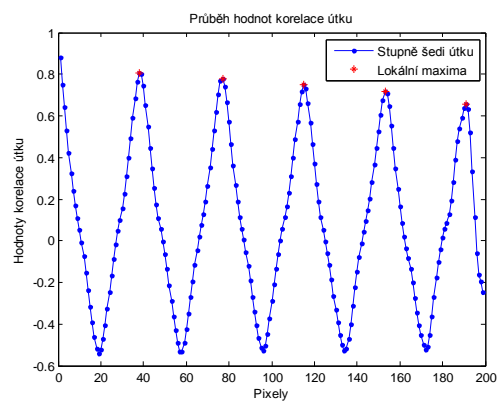
c)



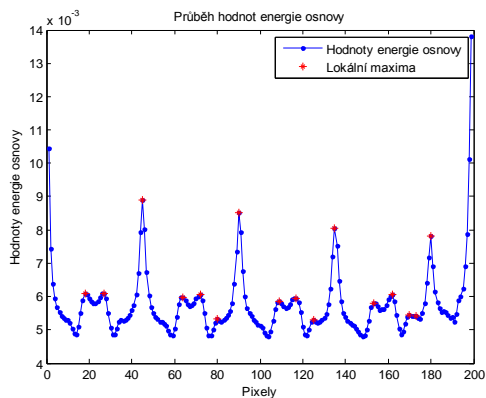
d)



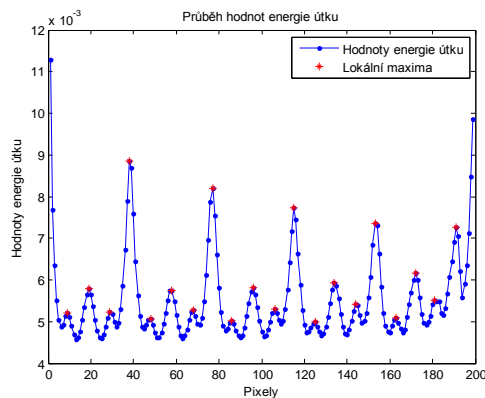
e)



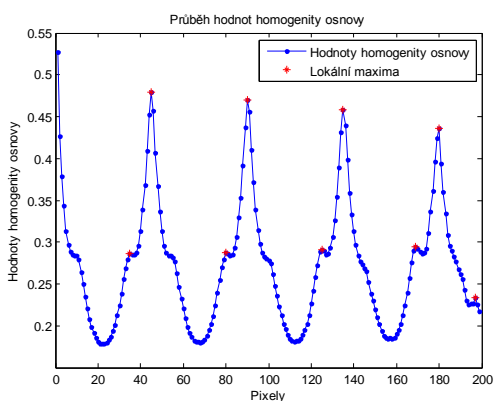
f)



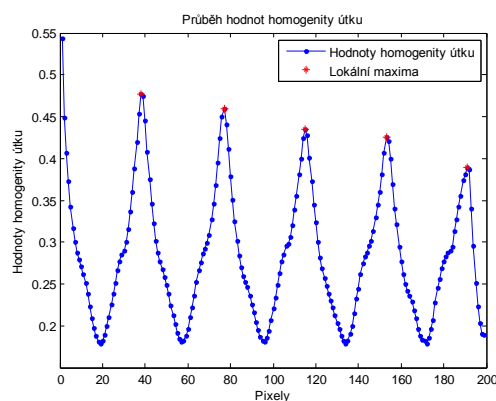
g)



h)



ch)



i)

Obr. 13 a) Obraz vzorku K4 a předzpracovaný obraz b). Grafy osnovy a útku vzorku K4 pro charakteristiky kontrast c), d), korelace e), f), energie g), h) a homogenita ch), i).

6.4.4 Aplikace metody GLCM na sadě vzorků

Pro vzorky v plátnové vazbě vykazovala z aplikovaných vlastností největší přesnost charakteristika energie, která byla z 11 vzorků vybrána 6x. Charakteristika kontrast byla vybrána 3x a charakteristika korelace 2x. Charakteristika homogenita nevykazovala větší přesnost oproti ostatním charakteristikám ani v jednom případě v této skupině tkanin. Metoda GLCM vykazovala největší přesnost právě u tkanin v plátnové vazbě. V tomto případě experiment prokázal, že v případě rozlišení obrazu 400 dpi si nejvíce odpovídaly hodnoty dostavy u charakteristik kontrast, korelace i homogenita. Z toho plyne, že není nutno aplikovat všechny tyto charakteristiky, ale stačí vybrat pouze jednu z nich. Charakteristika energie vykazovala nejčastěji rozlišné hodnoty dostavy oproti ostatním charakteristikám. V případě rozlišení obrazu 600 dpi si již hodnoty charakteristik příliš nekorespondovaly, pouze hodnoty u charakteristik korelace a homogenita projevovaly největší blízkost v této skupině.

V tomto případě nevykazovaly obrazy s rozlišením 600 *dpi* větší přesnost než obrazy s rozlišením 400 *dpi*. Pro ukázkou výpočtu dostavy tkaniny v plátnové vazbě metodou GLCM byl vybrán vzorek P6, který vykazoval největší přesnost v této skupině. U vzorku P6 vykazovala největší přesnost výpočtu dostavy charakteristika kontrast při rozlišení obrazu 600 *dpi*. Hodnota dostavy osnovy zjištěna ruční metodou vzorku P6 byla 21,6 nití a hodnota dostavy osnovy zjištěna metodou GLCM byla 20,3 nití. Hodnota dostavy útku zjištěna ruční metodou byla 15,6 nití a hodnota dostavy útku zjištěna metodou GLCM byla 14,5 nití. Obraz vzorku P6, grafy pro osnovu a útek jsou uvedeny v Příloze 1.

Ve skupině vzorků v keprové vazbě vykazovala největší přesnost výpočtu charakteristika energie. Tato charakteristika byla v případě keprové vazby vybrána 7x jako nejpřesnější. Dále zde byla vybrána charakteristika homogenita u třech vzorků, vlastnost korelace a kontrast byly vybrány u jednoho vzorku. Z 11 vzorků bylo vybráno 7 vzorků s rozlišením obrazu 600 *dpi* a 4 vzorky s rozlišením obrazu 400 *dpi*. Proto opět nelze přesně určit, které rozlišení obrazu vykazuje větší přesnost v rámci tkaniny v keprové vazbě. Výsledné hodnoty z charakteristik matice vzájemného výskytu úrovní šedi korelace, kontrast a homogenita u rozlišení obrazu 400 *dpi* vykazovaly v téměř všech případech stejné výsledky dostavy. Proto není nutno aplikovat všechny tyto charakteristiky, ale stačí vybrat pouze jednu z nich. U rozlišení obrazu 600 *dpi* už byla shodnost výsledků charakteristik jen v sedmi případech. Jednalo se o podobnost výsledných hodnot u charakteristik korelace a kontrast. Nejpřesnější hodnoty dostavy tkaniny v keprové vazbě vykazoval vzorek K4. Pro výpočet dostavy vzorku tkaniny byla nejvhodnější charakteristika energie, z jejíchž hodnot byla pomocí metody GLCM nejpřesněji určena hodnota dostavy vzorku K4 při rozlišení obrazu 600 *dpi*. Hodnota dostavy osnovy zjištěna ruční metodou vzorku K4 byla 22,6 nití a hodnota dostavy osnovy zjištěna metodou GLCM byla 21,9 nití. Hodnota dostavy útku zjištěna ruční metodou vzorku byla 23,4 nití a hodnota dostavy útku vzorku K4 zjištěna metodou GLCM byla 24,6 nití. V předchozí kapitole byl ukázán příklad aplikace metody GLCM na vzorku tkaniny v keprové vazbě K4.

Metoda GLCM byla aplikována na sadě třech vzorků tkanin v atlasové vazbě. Nejbližší výsledky s hodnotami z metody páření vykazovaly obrazy tkanin pořízené při rozlišení 600 *dpi*. V této skupině tkanin se nejvíce osvědčil výpočet dostavy

z hodnot charakteristiky energie. Přesto byl výpočet dostavy sady vzorků s atlasovou vazbou velmi nepřesný. U rozlišení obrazu 400 *dpi* a 600 *dpi* si výsledky dostavy korespondovaly ve všech případech u charakteristik kontrast a korelace. Proto by nebylo zapotřebí aplikovat obě tyto charakteristiky, ale pouze jednu z nich. Nejbližší výsledky dostavy s hodnotami z metody páráni vykazoval vzorek atlasové vazby A2 při rozlišení obrazu 600 *dpi* z hodnot charakteristiky energie. Hodnota dostavy osnovy zjištěna ruční metodou vzorku A2 byla 48,8 nití a hodnota dostavy osnovy zjištěna metodou GLCM byla 51,2 nití. Hodnota dostavy útku zjištěna ruční metodou vzorku byla 45,4 nití a hodnota dostavy útku vzorku A2 zjištěna metodou GLCM byla 11,5 nití. Obraz vzorku A2, grafy pro osnovu a útek jsou uvedeny v Příloze 1.

V případě vzorků vzorovaných tkanin v plátňové vazbě byla metoda GLCM aplikována na sadě pěti vzorků. Výsledné hodnoty se lišily opět podle rozlišení obrazu a charakteristik matice vzájemného výskytu úrovní šedi. Nelze tedy stanovit, jak velké rozlišení obrazu a která charakteristika je pro vzorované tkaniny v plátňové vazbě nejvhodnější. Nejpřesnější výsledky vykazoval vzorek VP3 při výpočtu dostavy z hodnot charakteristiky korelace při rozlišení obrazu 400 *dpi*. Hodnota dostavy osnovy zjištěna ruční metodou vzorku VP3 byla 21,2 nití a hodnota dostavy osnovy zjištěna metodou GLCM byla 19,5 nití. Hodnota dostavy útku zjištěna ruční metodou vzorku byla 18,8 nití a hodnota dostavy útku vzorku VP3 zjištěna metodou GLCM byla 19,6 nití. Metoda GLCM se projevila jako neefektivní pro tuto skupinu tkanin. Obraz vzorku VP3, grafy pro osnovu a útek jsou uvedeny v Příloze 1.

U metody GLCM se v případě vzorovaných tkanin v keprové vazbě projevila charakteristika energie pro výpočet dostavy tkaniny jako nejefektivnější. Charakteristika energie byla ze sedmi vzorků vybrána pětkrát pro nejbližší výpočet dostavy. Pro zbylé dva vzorky byla vybrána charakteristika homogenita. Ostatní charakteristiky se v této skupině neuplatnily. Ani v této skupině vzorků nelze přesně definovat, která z velikosti rozlišení obrazu je pro výpočet dostavy vhodnější. U rozlišení obrazu 400 *dpi* i 600 *dpi* si korespondovaly téměř všechny hodnoty dostavy u charakteristik korelace a kontrast. Z tohoto důvodu by nebylo zapotřebí na této sadě vzorků aplikovat obě tyto charakteristiky, ale pouze jednu z nich. Výpočet dostavy se při aplikaci metody GLCM projevila jako nejpřesnější u vzorku VK3 s vybranou charakteristikou homogenita při rozlišení obrazu 600 *dpi*. Hodnota dostavy osnovy zjištěna ruční metodou vzorku VK3

byla 26,6 nití a hodnota dostavy osnovy zjištěna metodou GLCM byla 24,5 nití. Hodnota dostavy útku zjištěna ruční metodou vzorku byla 19,0 nití a hodnota dostavy útku vzorku VK3 zjištěna metodou GLCM byla 19,4 nití. Obraz vzorku VK3, grafy pro osnovu a útek jsou uvedeny v Příloze 1.

Ve skupině vzorovaných tkanin v atlasové vazbě se projevily nejlepší výsledky u rozlišení obrazu 600 *dpi*. Mezi vybrané charakteristiky v této sadě vzorků patřila energie (2x) a homogenita (1x). Výsledné hodnoty dostavy si korespondovaly u charakteristik korelace a kontrast při rozlišení 400 *dpi* a 600 *dpi* téměř ve všech případech. Proto by bylo možné opět aplikovat pouze jednu z nich. Nejpřesnější výsledky dostavy tkaniny byly stanoveny u vzorku VA3. Tyto výsledky byly získány při rozlišení obrazu 600 *dpi* z hodnot charakteristiky energie. Hodnota dostavy osnovy zjištěna ruční metodou vzorku VA3 byla 26,2 nití a hodnota dostavy osnovy zjištěna metodou GLCM byla 24,7 nití. Hodnota dostavy útku zjištěna ruční metodou vzorku byla 26,6 nití a hodnota dostavy útku vzorku VA3 zjištěna metodou GLCM byla 21,1 nití. Obraz vzorku VA3, grafy pro osnovu a útek jsou uvedeny v Příloze 1.

Metoda GLCM byla aplikována na dvou vzorcích tkaniny v kombinované vazbě. Nejlepší výsledky se projevily u rozlišení obrazu 600 *dpi*. Z charakteristik zde byly vybrány pouze energie a homogenita. Ostatní charakteristiky zde neprojevovaly lepší výsledky než tyto vybrané charakteristiky. Hodnoty dostavy z charakteristik kontrast a korelace si korespondovaly téměř ve všech případech při rozlišení obrazu 400 *dpi* i 600 *dpi*. Proto by mohla být aplikována pouze jedna charakteristika při rozlišení obrazu 400 i 600 *dpi*. Pro ukázkou aplikace metody GLCM byl z této skupiny vybrán vzorek VR2, který při rozlišení 600 *dpi* vykazoval nejlepší hodnoty dostavy v porovnání s hodnotami z metody párání. Výsledky dostavy osnovy a útku byly stanoveny z hodnot charakteristiky energie. Hodnota dostavy osnovy zjištěna ruční metodou vzorku VR2 byla 55,8 nití a hodnota dostavy osnovy zjištěna metodou GLCM byla 37,5 nití. Hodnota dostavy útku zjištěna ruční metodou vzorku byla 23,0 nití a hodnota dostavy útku vzorku VR2 zjištěna metodou GLCM byla 32,1 nití. Obraz vzorku VR2, grafy pro osnovu a útek jsou uvedeny v Příloze 1.

6.4.5 Výsledky metody GLCM

V tabulce 9 je porovnání výsledných hodnot dostavy osnovy a útku sady vzorků získaných metodou páráním a metodou GLCM. Pro jednotlivé vzorky je uvedena charakteristika a rozlišení obrazu, při nichž vykazovala metoda GLCM nejpřesnější hodnoty dostavy.

Tab. 9 Porovnání výsledků dostavy sady vzorků tkanin metody GLCM.

Vzorek	Rozlišení obrazu v dpi	Nejefektivnější charakteristika	Párání		GLCM	
			D_o [cm ⁻¹]	D_u [cm ⁻¹]	D_o [cm ⁻¹]	D_u [cm ⁻¹]
P1	400	Energie	24,0	17,7	14,1	26,1
P2	600	Korelace	24,3	22,5	23,9	21,6
P3	600	Korelace	39,4	21,7	35,2	20,6
P4	600	Energie	38,6	22,8	34,3	22,4
P5	400	Energie	28,7	25,4	29,5	23,6
P6	600	Kontrast	21,6	15,6	20,3	14,5
P7	600	Kontrast	49,4	28,6	46,5	7,34
P8	400	Energie	29,6	25,8	36,4	40,2
P9	400	Kontrast	38,6	21,8	14,8	24,7
P10	600	Energie	35,0	27,0	40,8	27,9
P11	400	Energie	38,0	30,2	38,5	32,0
K1	400	Kontrast	37,6	24,8	40,9	27,4
K2	400	Korelace	26,6	16,0	24,0	14,0
K3	400	Homogenita	35,4	21,6	33,0	18,0
K4	600	Energie	22,6	23,4	21,9	24,6
K5	600	Energie	42,2	27,4	29,4	19,4
K6	600	Energie	35,8	19,8	18,4	9,80
K7	600	Homogenita	34,4	21,6	13,9	21,4
K8	400	Energie	27,0	17,6	17,1	19,6
K9	600	Homogenita	32,2	24,4	31,8	16,7
K10	600	Energie	24,0	16,6	15,7	14,2
K11	600	Energie	44,8	32,2	28,8	12,2
A1	400	Energie	80,2	24,4	21,4	31,8
A2	600	Energie	48,8	45,4	51,2	11,5
A3	600	Energie	60,4	29,2	45,0	17,0
VP1	600	Homogenita	43,9	26,6	20,7	28,0
VP2	400	Korelace	21,6	18,4	32,8	30,8
VP3	400	Korelace	21,2	18,8	19,5	19,6
VP4	600	Homogenita	17,0	17,0	16,7	13,0
VP5	600	Energie	43,4	31,0	24,5	30,0
VK1	600	Homogenita	28,2	22,2	22,2	22,6
VK2	400	Energie	33,4	27,8	20,4	12,9
VK3	600	Homogenita	26,6	19,0	24,5	19,4
VK4	600	Energie	35,0	22,6	21,9	10,6
VK5	400	Energie	37,4	21,8	19,9	10,6
VK6	600	Energie	30,0	19,8	29,7	8,90
VK7	400	Energie	50,0	28,8	42,5	18,9
VA1	600	Homogenita	88,6	39,8	40,4	10,2
VA2	600	Energie	49,4	38,4	21,6	29,4
VA3	600	Energie	26,2	26,6	24,7	21,1
VR1	600	Homogenita	69,0	43,4	21,6	26,0
VR2	600	Energie	55,8	23,0	37,5	32,1

6.4.6 Zhodnocení metody GLCM

Pro tuto metodu byly aplikovány 4 základní charakteristiky, které nejlépe vystihují charakter textur tkanin. Experiment prováděný na základě této metody vyžadoval poměrně dlouhý čas nejen na vygenerování hodnot dostavy osnovy a útku, ale i na samotné vyhodnocení nejefektivnější vlastnosti pro daný vzorek tkaniny. Vygenerování hodnot trvalo v průměru 16 sekund pro každý vzorek při rozlišení 600 *dpi*. Jako nejefektivnější charakteristika se projevila energie, která se aplikovala ve všech skupinách tkanin.

Z výsledných hodnot nelze definovat, která velikost rozlišení obrazu je pro tuto metodu vhodnější. Ze sady vzorků tkanin projevovaly nejlepší výsledky hodnot dostavy vzorky v plátňové vazbě. V případě vzorků tkanin v keprové vazbě byly výsledné hodnoty dostavy už méně přesnější. V rámci tkanin v atlasové vazbě a vzorovaných tkanin tato metoda nevykazovala přesnější výsledky. Ze získaných výsledků a časové náročnosti se tato metoda oproti předchozím, méně náročnějším metodám, projevila jako poměrně neefektivní.

6.5 Spektrální přístup

Spektrální přístup je založený na dvojrozměrné diskrétní Fourierově transformaci 2D DFT (*2 Dimensional Discrete Fourier Transform*), kterou lze zahrnout mezi spektrální techniky popisující textury prostřednictvím frekvenční oblasti. Spektrální techniky vycházejí z vlastností Fourierova obrazu spektra, které nesou informaci o globální periodicitě úrovní šedi obrazu prostřednictvím identifikace vysokých frekvenčních hodnot ve spektru.

Fourierova transformace je vhodný způsob pro popis směrovosti periodických či téměř periodických vzorů v monochromatickém obraze textury a tím i pro automatické stanovení dostavy tkaniny. Směrový charakter monochromatických obrazů jasně koresponduje s vysokými hodnotami frekvenčních komponent. Tyto komponenty jsou rozloženy podél přímých směrů ve frekvenční oblasti obrazu spektra. Pokud bude originální obraz otočen podle určitého úhlu, tak bude frekvenční rovina také otočena o stejný úhel [17].

6.6 Dvojrozměrná diskrétní Fourierova transformace

Nechť $f(x,y)$ je dvojrozměrná obrazová funkce, kde x a y jsou prostorové souřadnice, amplituda f v souřadnicích je stupeň šedi obrazu o velikosti $M \times N$. Dvojrozměrná Fourierova transformace je pak dána vztahem

$$F(u, v) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) e^{-j2\pi(ux/M + vy/N)}, \quad (14)$$

pro $u=1, 2, \dots, N-1$ a $v=1, 2, \dots, M-1$ jsou frekvenční proměnné. Frekvenční oblast je souřadný systém s frekvenčními proměnnými u, v . Prostorová oblast je definována analogicky se souřadným systémem se souřadnicemi x, y [9].

Dvojrozměrná inverzní Fourierova transformace 2D IDFT (*2 Dimensional Inverse Discrete Fourier Transform*) je dána vztahem

$$f(x, y) = \frac{1}{MN} \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} F(u, v) e^{j2\pi(ux/M + vy/N)} \quad (15)$$

pro $x = 0, 1, 2, \dots, M-1$ a $y = 0, 1, 2, \dots, N-1$. Pokud je prostřednictvím 2D IDFT dána $F(u,v)$, tak získáme $f(x,y)$. $F(u,v)$ jsou funkční hodnoty a nazývají se Fourierovy koeficienty rozvoje. DC (*Direct Current*) komponenta je hodnota transformace

v počátku frekvenční oblasti $F(0,0)$. Pokud $f(x,y)$ je reálná funkce, pak její transformace je funkce komplexní [7]. Necht' $R(u,v)$ a $I(u,v)$ jsou reálná a imaginární část $F(u,v)$, pak lze amplitudové frekvenční spektrum určit ze vztahu

$$|F(u,v)| = \sqrt{R^2(u,v) + I^2(u,v)}. \quad (16)$$

Výkonové spektrum $P(u,v)$ je definováno jako čtverec $|F(u,v)|$ [15], kde pro zobrazení výkonového spektra ve škále úrovní šedi v 8 – bitové hloubce je potřeba provést logaritmickou transformaci [17] podle vztahu

$$P(u,v) = \log(1 + |F(u,v)|^2), \quad (17)$$

6.6.1 Princip automatického určení dostavy tkaniny pomocí 2D DFT

Automatické určení dostavy tkaniny prostřednictvím 2D DFT je založeno na obnovení obrazu. Jedna ze soustav nití (směrové linie) může být odstraněna určením korespondujících vysoko frekvenčních komponent ve Fourierově oblasti obrazu a jejich nastavením na nulu. Poté zpětným transformováním prostřednictvím 2D IDFT do prostorového obrazu lze získat z obnoveného obrazu profil jedné soustavy nití (periodická řada) [18].

Stupně šedi podél kolmé linie k soustavě nití mohou být získány z obnoveného obrazu. Hodnoty pixelů podél této linie tvoří periodickou časovou řadu, kde vysoké hodnoty reprezentují nitě a nízké hodnoty prostor mezi nimi. Pro popis periodické časové řady slouží periodogram $I(\omega)$. Periodogram je statistický nástroj pro hledání významných periodických komponent v časové řadě. Pro konečnou posloupnost náhodných veličin y_1, \dots, y_n definujeme periodogram jako funkci proměnné ω vztahem

$$I(\omega) = \frac{1}{2\pi n} \left| \sum_{t=1}^n y_t e^{-it\omega} \right|^2, \quad -\pi \leq \omega \leq \pi. \quad (18)$$

6.6.2 Fischerův test periodicity

Fischerův test periodicity je jednou ze statistických metod pro testování periodicity v časové řadě. Tento test definuje významné frekvence v modelu časové řady, které jsou výchozí pro určení dostavy tkaniny. Nulovou hypotézu ve Fischerově testu lze zapsat jako

$$H_0 : y_t = \varepsilon_t. \quad (19)$$

Tato hypotéza říká, že řada neobsahuje žádnou periodickou složku a je přímo rovna bílému šumu ε_t s rozdělením $N(0, \sigma_\varepsilon^2)$. Alternativou k této nulové hypotéze je hypotéza ve tvaru

$$H_A : y_t = \mu + \sum_{j=1}^p (\alpha_j \cos(\omega_j t) + \beta_j \sin(\omega_j t)) + \varepsilon_t, \quad t = 1, \dots, n, \quad (20)$$

kde časová řada je kombinace poslední hodnoty goniometrických funkcí rozdílu frekvencí $\omega_1 \dots \omega_p$ se stupněm μ včetně bílého šumu ε_t .

Nalezením periodicity podél horizontálních a vertikálních směrů v obnoveném obraze tkaniny lze určit dostavu tkaniny. Periodicita v tomto případě znamená délku periody, po které se pravidelně opakují nitě jedné soustavy. Dostavu tkaniny je pak možné určit, jestliže známe rozlišení R , při kterém byl obraz pořízen a nejvýznamnější frekvenci otestovanou Fischerovým testem ze vztahu

$$D = \frac{R/2,54}{2\pi/\omega_j}, \quad (21)$$

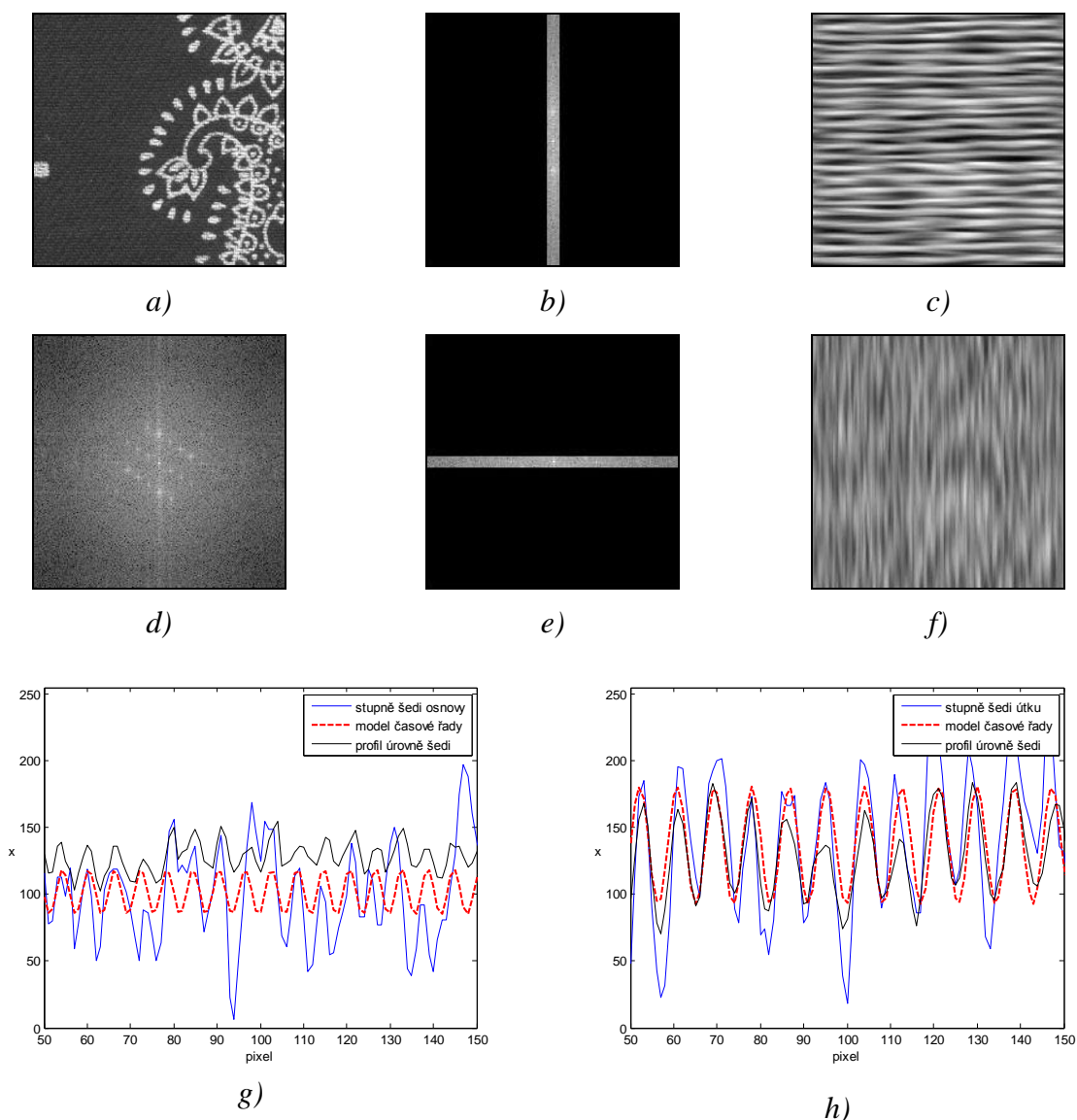
kde ω_j je první nejvýznamnější frekvence určená z Fischerova testu periodicity [18]. Pro stanovení dostavy tkaniny je třeba nadefinovat šířku výřezu hlavního směru Δw , která je dána dvěma vektory ve směru 0° a 90° pro osnovu a útek. V příloze 2 a na přiloženém CD je zdrojový kód pro metodu 2D DFT vytvořený v programu MATLAB.

6.6.3 Příklad aplikace metody 2D DFT na vzorované tkanině v keprové vazbě

I přes velmi nepřesné výsledky této metody na sadě vzorovaných vzorků byl vybrán právě pro ukázkou aplikace metody 2D DFT vzorek z této skupiny tkanin. Výjimku velké nepřesnosti této metody ve skupině vzorovaných tkanin tvoří vzorek vzorované tkaniny v keprové vazbě VK3. Vzor tkaniny a výsledné hodnoty jsou popsány v následující kapitole.

Ukázka vzorku VK3 o velikosti 1000x1000 pixelů s rozlišením obrazu 400 dpi a), výřez ze spektra pro parametry $\varphi = 0^\circ$, $\varphi = 90^\circ$ o šířce $\Delta w = 7$ pixelů b), e), obnovené obrazy po 2D IDFT c), f), výkonové spektrum po logaritmicke transformaci

d) jsou zobrazeny na obr. 14. Grafy stupňů šedi, modelu časové řady a profilu úrovně šedi pro osnovu g) a útek h) jsou na obr. 14 (pro velikost obrazu 150x150 pixelů).



Obr.14 Vzorek VK3 a), výřez ze spektra pro parametry $\varphi = 0^\circ$, $\varphi = 90^\circ$, $\Delta w = 7$ pixelů b), e), výkonové spektrum po logaritmicke transformaci d) obnovené obrázky po 2D IDFT c), f). Grafy stupňů šedi, modelu časové řady a profilu úrovně šedi pro osnovu g) a útek h).

6.6.4 Aplikace metody 2D DFT na sadě vzorků

Metoda 2D DFT vykazovala ve skupině tkanin v plátňové vazbě přijatelné výsledky jen u pěti vzorků a to v případě vzorků P2, P3, P4, P5 a P11. Pro velikost výřezu byla v devíti případech použita hodnota šířky $\Delta w = 5$, ve zbylých dvou případech byla aplikována hodnota 3. Přesnější výsledky dostavy vykazovaly obrázky

s rozlišením 600 *dpi*. Nejpřesnější výsledky v této skupině tkanin vykazoval vzorek plátňové vazby P2 při rozlišení obrazu 600 *dpi* a velikosti výřezu hlavního směru o šířce $\Delta w = 5$. Hodnota dostavy osnovy zjištěna ruční metodou vzorku P2 byla 24,3 nití a hodnota dostavy osnovy zjištěna metodou 2D DFT byla 23,7 nití. Hodnota dostavy útku zjištěna ruční metodou vzorku byla 22,5 nití a hodnota dostavy útku vzorku P6 zjištěna metodou 2D DFT byla 22,5 nití. Obraz vzorku P2, grafy pro osnovu a útek jsou uvedeny v Příloze 1.

Ve skupině vzorků v keprové vazbě byly aplikovány velikosti výřezu o šířce $\Delta w = 5, 3$ a 7. Podobně jako u vzorků v plátňové vazbě tato metoda projevovала přijatelné výsledky dostavy jen u některých případů vzorků a to K5, K7, K8 a K9. Z výsledných hodnot dostav vzorků nelze přesně definovat, při kterém rozlišení obrazu vykazuje tato metoda přesnější hodnoty. Vzorek K9 při rozlišení obrazu 600 *dpi* a velikosti výřezu hlavního směru o šířce $\Delta w = 5$ vykazoval jedny z nejpřesnějších výsledků v této skupině tkanin. Hodnota dostavy osnovy zjištěna ruční metodou vzorku K9 byla 32,2 nití a hodnota dostavy osnovy zjištěna metodou 2D DFT byla 32,0 nití. Hodnota dostavy útku zjištěna ruční metodou vzorku K9 byla 24,4 nití a hodnota dostavy útku vzorku K9 zjištěna metodou 2D DFT byla 23,7 nití. Obraz vzorku K9, grafy pro osnovu a útek jsou uvedeny v Příloze 1.

Jako neefektivní lze metodu 2D DFT označit ve skupině vzorků v atlasové vazbě. Ve všech případech byla aplikována velikosti výřezu hlavního směru o šířce $\Delta w = 7$. Lepší výsledky hodnot dostavy vzorků vykazovaly obrazy s rozlišením 600 *dpi*. I přes velmi nepřesné hodnoty dostavy, vykazoval vzorek A1 nejpřesnější výsledky ve skupině vzorků v atlasové vazbě. Tyto výsledky byly získány při nastavení velikosti výřezu hlavního směru na hodnotu šířky $\Delta w = 5$ a při rozlišení obrazu 600 *dpi*. Hodnota dostavy osnovy zjištěna ruční metodou vzorku A1 byla 80,2 nití a hodnota dostavy osnovy zjištěna metodou 2D DFT byla 35,6 nití. Hodnota dostavy útku zjištěna ruční metodou vzorku A1 byla 24,4 nití a hodnota dostavy útku vzorku A1 zjištěna metodou 2D DFT byla 23,7 nití. Obraz vzorku A1, grafy pro osnovu a útek jsou uvedeny v Příloze 1.

Podle výsledných hodnot dostavy u sady vzorovaných vzorků ve všech vazbách lze tuto metodu označit jako neefektivní. Pro zhodnocení nepřesnosti metody 2D DFT ve skupině vzorovaných vzorků zde budou srovnány nejlepší výsledky dostavy této

metody s reálnými výsledky pro skupinu vzorovaných tkanin v plátňové, keprové, atlasové a kombinované vazbě.

Velikost výřezu hlavního směru byla u vzorovaných tkanin v plátňové vazbě nastavena na hodnoty šířky $\Delta w = 5$ nebo 3. Přesnější výsledky projevovala tato metoda v případě rozlišení obrazu 600 *dpi*. Ve skupině vzorovaných vzorků v plátňové vazbě i přes velkou nepřesnost, vykazoval nejlepší výsledky vzorek VP3 při rozlišení obrazu 600 *dpi* a velikosti výřezu hlavního směru o šířce $\Delta w = 5$. Jedná se o tkaninu v plátňové vazbě se vzory ve tvaru kostek. Hodnota dostavy osnovy zjištěna ruční metodou vzorku VP3 byla 21,2 nití a hodnota dostavy osnovy zjištěna metodou 2D DFT byla 14,2 nití. Hodnota dostavy útku zjištěna ruční metodou vzorku VP3 byla 18,8 nití a hodnota dostavy útku vzorku VP3 zjištěna metodou 2D DFT byla 11,9 nití. Obraz vzorku VP3, grafy pro osnovu a útek jsou uvedeny v Příloze 1.

Pro sadu vzorovaných vzorků v keprové vazbě nelze přesně definovat, které rozlišení obrazu je vhodnější. Velikost výřezu hlavního směru byla u vzorovaných tkanin v keprové vazbě nastavena na hodnoty šířky $\Delta w = 7$ nebo 5. Z hlediska nejpřesnějších výsledků dostavy byl vybrán vzorek VK3 při rozlišení obrazu 400 *dpi* a velikosti výřezu hlavního směru o šířce $\Delta w = 5$, který projevoval ve skupině vzorovaných tkanin nejlepší výsledky dostavy. Vzorek VK3 je tmavá vzorovaná tkanina v keprové vazbě se světlým potištěným vzorem. Hodnota dostavy osnovy zjištěna ruční metodou vzorku VK3 byla 26,6 nití a hodnota dostavy osnovy zjištěna metodou 2D DFT byla 26,1 nití. Hodnota dostavy útku zjištěna ruční metodou vzorku VK3 byla 19,0 nití a hodnota dostavy útku vzorku VK3 zjištěna metodou 2D DFT byla 18,2 nití. Ukázka aplikace metody 2D DFT na vzorku VK3 je uvedena v předchozí kapitole.

V případě vzorovaných tkanin v atlasové vazbě metoda 2D DFT vykazovala nejhorší výsledky z celé sady vzorků. Velikost výřezu hlavního směru byla u vzorovaných tkanin v atlasové vazbě nastavena na hodnoty šířky $\Delta w = 5$ nebo 7. Pro ukázkou porovnání je zde vybrán vzorek VA3, který vykazoval i přes velmi nepřesné hodnoty nejlepší výsledky v této skupině. Tyto výsledky byly získány u obrazu s rozlišením 400 *dpi* a při nastavení velikosti výřezu hlavního směru na šířku $\Delta w = 7$. Vzorek VA3 je tkanina s vytkávaným vzorem v atlasové vazbě typu damašek. Hodnota dostavy osnovy zjištěna ruční metodou vzorku VA3 byla 26,2 nití a hodnota dostavy osnovy zjištěna metodou 2D DFT byla 2,37 nití. Hodnota dostavy útku zjištěna ruční

metodou vzorku VA3 byla 26,6 nití a hodnota dostavy útku vzorku VA3 zjištěna metodou 2D DFT byla 17,4 nití. Obraz vzorku VA3, grafy pro osnovu a útek jsou uvedeny v Příloze 1.

Ve skupině vzorků v kombinované vazbě tato metoda také nevykazovala dobré výsledky. Velikost výřezu hlavního směru byla u vzorovaných tkanin v kombinované vazbě nastavena pouze na hodnoty šířky $\Delta w = 5$. Nejpřesnější výsledky v této skupině vzorovaných tkanin vykazoval vzorek VR2 s rozlišením obrazu 600 *dpi* a při nastavení velikosti výřezu hlavního směru na šířku $\Delta w = 5$. Jedná se o vzorek tkaniny, jejíž vzor byl vytvořen kombinací rypsové a atlasové vazby. Hodnota dostavy osnovy zjištěna ruční metodou vzorku VR2 byla 55,8 nití a hodnota dostavy osnovy zjištěna metodou 2D DFT byla 23,7 nití. Hodnota dostavy útku zjištěna ruční metodou vzorku VR2 byla 23,0 nití a hodnota dostavy útku vzorku VR2 zjištěna metodou 2D DFT byla 22,5 nití. Obraz vzorku VR2, grafy pro osnovu a útek jsou uvedeny v Příloze 1.

6.6.5 Výsledky metody 2D DFT

V tabulce 10 je porovnání výsledných hodnot dostavy osnovy a útku sady vzorků získaných metodou páráním a metodou 2D DFT při rozlišení obrazu 400 *dpi* a 600 *dpi*.

Tab. 10 Porovnání výsledků dostavy sady vzorků tkanin metody 2D DFT.

Vzorek	Velikost výřezu	Párání		2D DFT			
				D_o [cm ⁻¹]		D_u [cm ⁻¹]	
		D_o [cm ⁻¹]	D_u [cm ⁻¹]	400 dpi	600 dpi	400 dpi	600 dpi
P1	5	24,0	17,7	19,0	19,0	13,4	13,1
P2	5	24,3	22,5	23,7	23,7	22,2	22,5
P3	5	39,4	21,7	21,4	35,6	19,8	20,2
P4	3	38,6	22,8	22,2	38,0	21,4	21,4
P5	5	28,7	25,4	26,9	27,3	23,7	23,7
P6	3	21,6	15,6	13,5	14,2	20,6	20,2
P7	5	49,4	28,6	41,2	61,7	74,4	111,6
P8	5	29,6	25,8	55,4	84,3	0,79	1,19
P9	5	38,6	21,8	0,79	1,19	73,6	110,4
P10	5	35,0	27,0	20,6	41,5	25,3	24,9
P11	5	38,0	30,2	19,0	40,3	27,7	32,0
K1	5	37,6	24,8	0,79	2,37	74,4	111,6
K2	7	26,6	16,0	0,79	9,50	54,6	81,9
K3	5	35,4	21,6	15,0	22,5	18,2	93,8
K4	5	22,6	23,4	21,4	21,4	6,33	5,94
K5	3	42,2	27,4	19,0	40,4	0,79	27,3
K6	3	35,8	19,8	9,50	11,9	4,75	4,75
K7	5	34,4	21,6	34,8	8,31	19,8	20,2
K8	5	27,0	17,6	26,1	16,6	16,6	16,6
K9	5	32,2	24,4	31,6	32,0	23,7	23,7
K10	7	24,0	16,6	5,54	5,94	15,8	3,56
K11	3	44,8	32,2	15,0	15,4	6,33	5,94
A1	7	80,2	24,4	23,7	35,6	23,7	23,7
A2	7	48,8	45,4	25,3	34,4	2,37	1,19
A3	7	60,4	29,2	11,8	32,0	0,79	1,19
VP1	5	43,9	26,6	0,79	21,4	1,58	1,19
VP2	5	21,6	18,4	9,50	14,2	31,6	46,3
VP3	5	21,2	18,8	14,2	14,2	11,9	11,9
VP4	5	17,0	17,0	3,96	4,75	3,96	3,56
VP5	3	43,4	31,0	8,70	9,50	0,79	28,5
VK1	7	28,2	22,2	4,75	2,37	21,4	21,4
VK2	7	33,4	27,8	7,91	8,31	7,12	3,56
VK3	5	26,6	19,0	26,1	19,0	18,2	17,8
VK4	7	35,0	22,6	8,70	8,31	6,33	21,4
VK5	7	37,4	21,8	9,50	9,50	19,8	4,75
VK6	7	30,0	19,8	7,12	7,12	18,2	4,75
VK7	5	50,0	28,8	3,17	2,37	28,5	28,5
VA1	5	88,6	39,8	0,79	1,19	0,79	3,56
VA2	5	49,4	38,4	0,79	1,19	1,58	2,37
VA3	7	26,2	26,6	2,37	1,19	17,4	1,19
VR1	5	69,0	43,4	22,2	4,75	5,54	2,37
VR2	5	55,8	23,0	0,79	23,7	23,0	22,5

6.6.6 Zhodnocení metody 2D DFT

Tato metoda je vcelku náročná z hlediska principu i postupu zpracování. Pro každý vzorek se individuálně hledala nejvhodnější hodnota velikosti šířky výřezu hlavního směru Δw . V celé sadě vzorků se šířka výřezu Δw pohybovala v rozmezí hodnot 3, 5 až 7.

V sadě vzorků tkanin v plátnové a keprové vazbě měla tato metoda úspěšnost zhruba u poloviny vzorků. U těchto vzorků se projevila jako velmi efektivní, protože se její výsledky velmi přibližovaly reálným výsledkům dostavy vzorků. Ve zbylých případech lze tvrdit na základě získaných hodnot opak, kdy metoda 2D DFT měla sklony generovat extrémní hodnoty dostavy. Tyto hodnoty dostavy byly buď velmi malé (pod 2 nitě), nebo naopak až příliš vysoké (nad 100 nití). Takové výsledky metoda 2D DFT generovala ve všech skupinách tkanin.

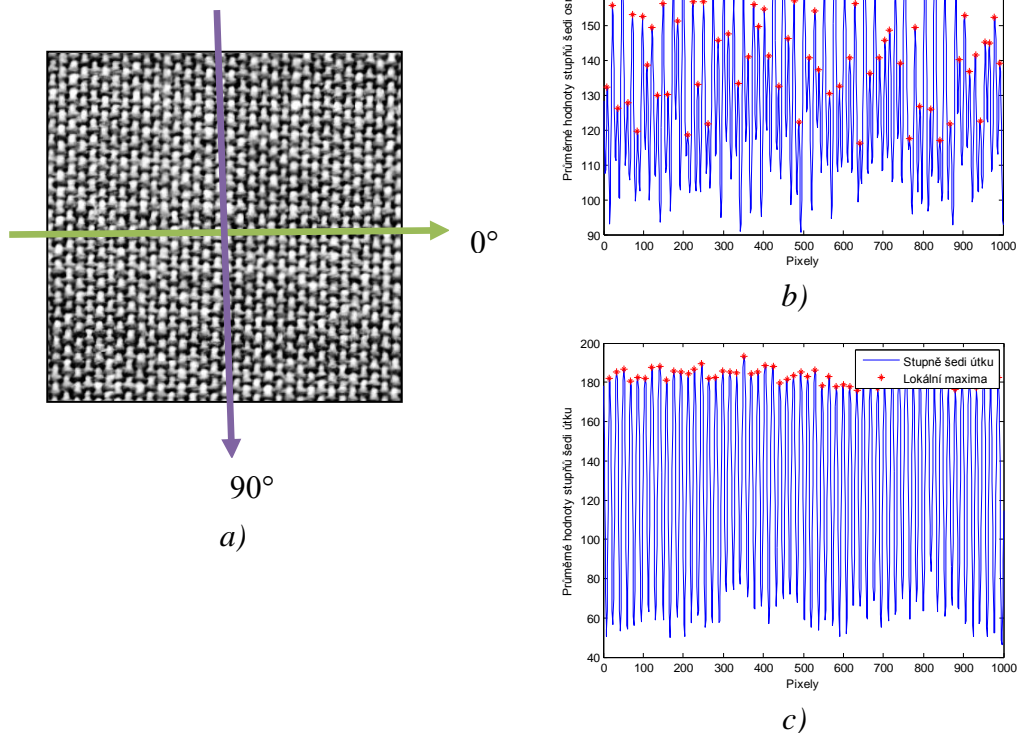
V případě vzorků tkanin v atlasové vazbě a všech druhů vzorovaných tkanin se tato metoda projevila jako neefektivní. V porovnání s ostatními, méně náročnějšími, metodami se metoda 2D DFT podle získaných výsledků dostavy vzorků projevila jako vcelku neefektivní. Na základě výsledných hodnot dostavy vzorků nelze tuto metodu vyloženě doporučit pro určitou skupinu tkanin. Lze ale na tomto základě říct, že není vhodná pro tkaniny v atlasové vazbě a vzorované tkaniny ve všech vazbách.

6.7 Podmínky správného výpočtu dostavy tkaniny

Všeobecně u metod automatického stanovení dostavy tkaniny na principu obrazové analýzy je třeba dodržet několik podmínek pro správnost výpočtu hodnot dostavy. Mezi tyto podmínky patří:

- Směr osnovy a útku v obrazu tkaniny musí být paralelní ve směru 0° pro osnovu a 90° pro útek.
- Hodnota filtrační velikosti n musí být správně nastavená pro osnovu i útek.
- Hodnoty úrovně šedi obrazu by měly být rovnoměrné po celé stupnici šedi.

Pokud dojde při pořizování obrazu tkaniny k pootočení směru os osnovy (0°) a útku (90°), jako je u vzorku P1 o velikosti 1000×1000 pixelů na obr. 15 a), metoda nebude schopna vygenerovat správné výsledky hodnot dostavy. Nesplnění této podmínky má za následek nesprávné vykreslení průběhu hodnot šedi v případě osnovy v grafu profilové úrovně šedi. To se projeví na tom, že pozice lokálních maxim nejsou správně vyznačené a algoritmus počítá s nesprávnými pozicemi lokálních maxim. Ukázka grafu profilové úrovně šedi s nesprávným průběhem hodnot šedi osnovy a útku z důsledku pootočením osnovy a útku je zobrazena obr. 15 a), b) vzorku P1.



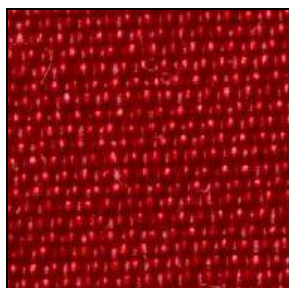
Obr.15 Obraz plátňové vazby P1 a), který byl pootočený při snímání obrazu tkaniny o 2° a grafy profilové úrovně šedi osnovy b) a útku c) u vzorku P1 s pootočenými osami.

Filtrační velikost n je hodnota, která se volí pro nalezení lokálních maxim v grafu profilové úrovně šedi. Podle hodnoty filtrační velikosti se rozhoduje, který z n sousedů vrcholů v grafu je lokálním maximem. Pokud bude tato hodnota nevhodně nastavená, bude program nesprávně definovat lokální maxima a výsledná hodnota dostavy tkaniny nebude správně vypočítaná. Změnou filtrační velikosti k menším hodnotám klesala hodnota dostavy tkaniny ve všech případech.

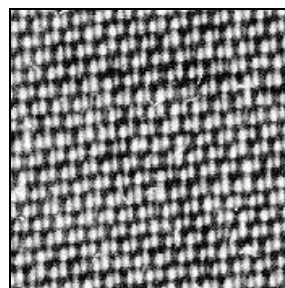
6.8 Příklad nefunkčnosti metod automatického určení dostavy tkaniny

Testované metody automatického určení dostavy tkaniny se neprojeví ani v jednom případě jako efektivní pro skupinu tkanin v atlasové vazbě. Proto bude ukázán příklad nefunkčnosti testovaných metod na vzorku tkaniny v atlasové vazbě. Aplikované vzorky v atlasové vazbě byly charakterizovány velkým počtem nití a tím i velmi malými vzdálenostmi mezi nitěmi, kdy použité metody nebyly schopny vygenerovat na základě obrazové analýzy alespoň přibližný výsledek dostavy těchto vzorků. Příklad nefunkčnosti jednotlivých metod bude zobrazen prostřednictvím grafů pro osnovu a útek na vzorku tkaniny v atlasové vazbě A1, kdy hodnota dostavy osnovních nití byla 80,2 a hodnota dostavy útkových nití 24,4. Často byla hodnota dostavy útkových nití vygenerována přibližně správně z důvodu nízkého počtu nití. Získané hodnoty dostavy vzorku A1 jednotlivých metod jsou uvedeny v tabulkách výsledných hodnot v předchozích kapitolách.

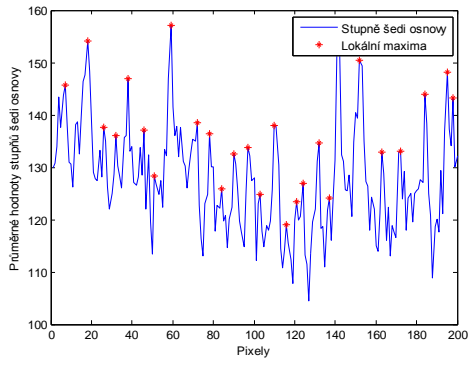
Na obr. 16 a) je obraz vzorku A1 a předzpracovaný obraz pomocí funkce `histeq` b) o velikosti 200x200 pixelů s rozlišením obrazu 600 *dpi*. Výsledné grafy pro osnovu a útek metody GLPM c), d), metody DIDWF e), f), metody DIDMF g), h), metody GLCM pro vlastnost energie ch), i) a metody 2D DFT j), k) jsou na obr. 16.



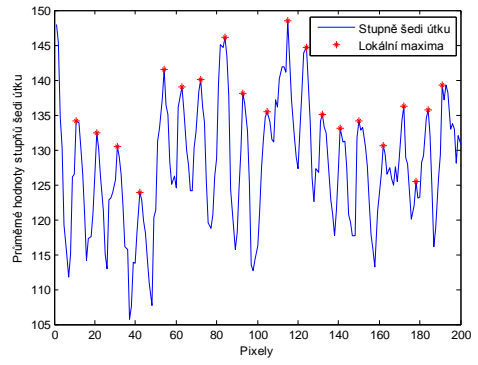
a)



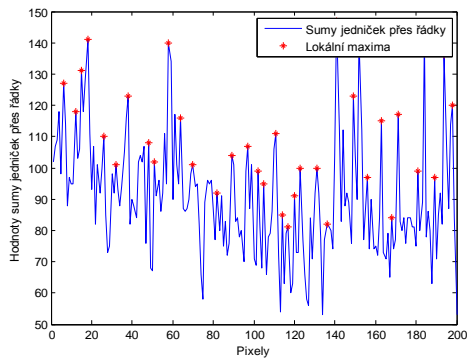
b)



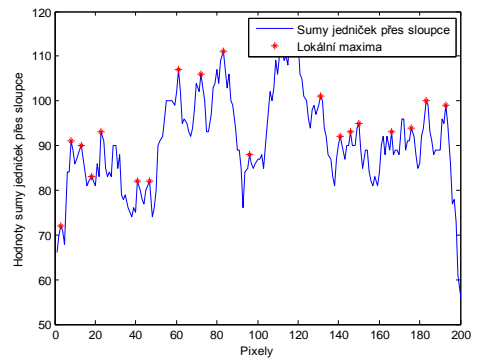
c)



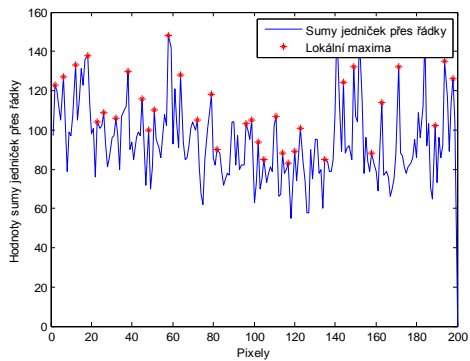
d)



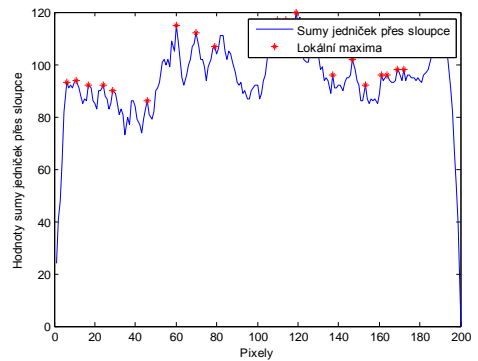
e)



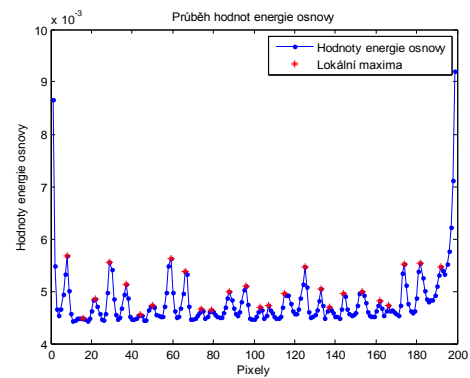
f)



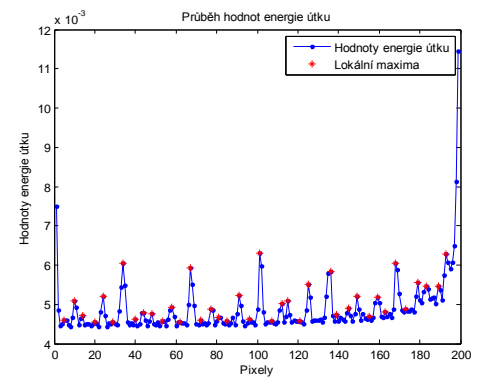
g)



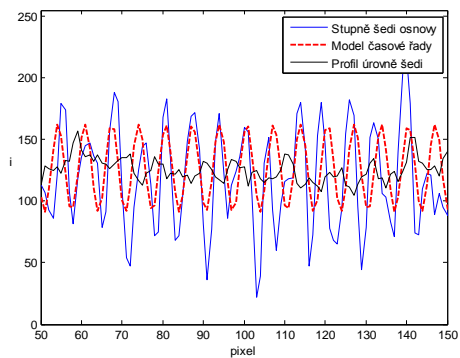
h)



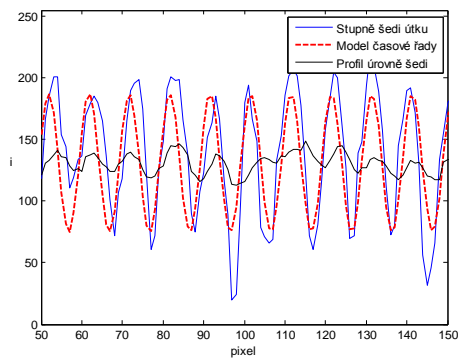
ch)



i)



j)



k)

Obr. 16 Obrázek vzorku A1 a) a předzpracovaný obrázek vzorku A1 b). Grafy osnovy a útku metody GLPM c), d), metody DIDWF e), f), metody DIDMF g), h), metody GLCM ch), i) a metody 2D DFT j), k) pro vzorek A1.

7 Závěr

Cílem této práce bylo ověřit, zhodnotit, porovnat efektivitu a přesnost vybraných metod pro automatické stanovení dostavy sady různých druhů vzorků tkanin na základě obrazové analýzy v prostředí programu MATLAB. Sada vzorků obsahovala všechny druhy základních typů vazeb vzorovaných a nevzorovaných tkanin. Efektivita a přesnost těchto metod se posuzovala na základě výsledných hodnot v porovnání s reálnými hodnotami dostavy vzorků získaných z ruční metody párání.

Metoda profilové úrovně šedi GLPM byla vcelku rychlá a nenáročná metoda automatického stanovení dostavy tkanin. Nejpřesnější výsledky v sadě vzorků generovala tato metoda pro skupinu tkanin v plátnové a v keprové vazbě při rozlišení obrazu 600 *dpi*. Výsledné hodnoty dostavy vzorků v keprové vazbě byly přesnější než hodnoty dostavy vzorků v plátnové vazbě. Větší přesnost výpočtu byla ale podmíněna experimentálním nastavením filtrační velikosti n pro každý vzorek zvlášť, což je nevýhodné. Ve skupině vzorovaných tkanin se tato metoda projevila jako efektivní jen v některých případech. Pro ostatní vzorky vzorovaných tkanin a pro tkaniny v atlasové vazbě se tato metoda projevila jako vcelku neefektivní.

Výpočet dostavy vzorků tkanin v keprové vazbě se projevil jako nejefektivnější v rámci metody rozložení obrazu pomocí Wienerova filtru DIDWF a metody rozložení obrazu pomocí mediánového filtru DIIMF při rozlišení obrazu 600 *dpi*. U metod DIDWF a DIDMF bylo zapotřebí zvolit správnou velikost filtrů a v některých případech i filtrační velikost n . V sadě vzorků byly aplikovány hodnoty Wienerova a mediánového filtru 16, 12 a 64, 34 (vzorované tkaniny) pro osnovní nitě, 1 a 2 pro útkové nitě. Pro vzorky tkanin v plátnové vazbě generovaly tyto metody méně přesné výsledky než u vzorků tkanin v keprové vazbě. V rámci vzorovaných tkanin tyto metody vykazovaly nejlepší výsledky zejména u tkanin v keprové vazbě a u některých vzorků v plátnové vazbě. U ostatních vzorovaných tkanin a tkanin v atlasové vazbě tyto metody nevykazovaly příliš efektivní výsledky hodnot dostavy.

Metoda matice vzájemného výskytu úrovní šedi GLCM byla v rámci nalezení nejvhodnější charakteristiky pro daný vzorek (+ rozlišení obrazu) a vygenerování hodnot dostavy časově nejnáročnější testovanou metodou. Nejvíce aplikovanou charakteristikou ze 4 základních byla charakteristika energie. Nejpřesnější výsledky ze sady vzorků vykazovaly tkaniny v plátnové vazbě. Vzorky tkanin v keprové vazbě vykazovaly už méně přesné výsledky. Metoda GLCM se projevila jako neefektivní

v případě vzorovaných tkanin a tkanin v atlasové vazbě. Nejnáročnější metodou na princip a postup výpočtu byla z testovaných metod metoda založená na Fourierově transformaci 2D DFT. Nastavitelným parametrem v této metodě byla hodnota šířky výřezu hlavního směru Δw . Tento parametr bylo zapotřebí nastavit experimentálně pro každý vzorek zvlášť. Poměrně přesné výsledky vykazovala tato metoda zhruba jen u poloviny vzorků v plátnové a keprové vazbě. U ostatních vzorků, vzorků vzorovaných tkanin a tkanin v atlasové vazbě, měla tato metoda sklony generovat extrémní hodnoty. Oproti ostatním, méně náročnějším metodám, se metoda 2D DFT projevila jako celkem neefektivní.

Na základě získaných hodnot z jednotlivých metod a jejich porovnání s reálnými hodnotami dostavy vzorků tkanin nelze přesně stanovit, která metoda je nejefektivnější. Pouze lze doporučit jednotlivé metody pro určité druhy tkanin. Vývoj univerzálnosti metod automatického stanovení dostavy tkanin je tedy pro jejich využití v praxi zapotřebí.

Literatura

- [1] Jeong, Y. J., Jang, J.: Applying Image Analysis to Automatic Inspection of Fabric Density for Woven Fabrics, *Fibers and Polymers* 2005, Vol. 6, No. 2, 156 – 161.
- [2] Liqing, L., Tingting, J., Xia, Ch.: Automatic Recognition of Fabric Structures Based on Digital Image Decomposition, *Indiana Journal of Fibre and Textile Research* 2008, Vol. 33, pp. 388 – 391.
- [3] Yildirim, B., Baser, G.: Image Processing Approach for Weft Density Measurement on the Loom, *Structure and Structural Mechanics of Textiles*, TU Liberec 2009.
- [4] Lin, J.J.: Applying a Co-occurrence Matrix to Automatic Inspection of Weaving density for Woven Fabrics. *Textile Res. J.* 72 (6), 486-490 (2002).
- [5] Kang, T., J., Kim, Ch., H., Oh, K., W.: Automatic Recognition of Fabric Weave Patterns by Digital Image Analysis, *Textile Res. J.* 69(2), 77-83 (1999).
- [6] Haralick, R., M., Shanmugam, K., Dinstein, I.: Textural Features for Image Classification, *Ieee Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 3, No. 6: 610-621. 1973.
- [7] Kang , T. J., Choi, S. H., Kim, S. M.: Automatic Structure Analysis And Objective Evaluation Of Woven Fabric Using Image Analysis, *Textile Res. J.* 71(3), 261 – 270 (2001).
- [8] Xu, B.: Identifynig Fabric Structures With Fast Fourier Transform Techniques, *Textile Res. J.* 66 (8), 496 – 506 (1996).
- [9] Tunák, M., Linka, A., Volf, P. Automatic Assessing And Monitoring Of Weaving Density. *Fibers and Polymers* 2009, Vol. 10, No. 6, 830-836.
- [10] Ravandi, S., A., H., Toriumi, K.: Fourier Transform Analysis of Plain Weave Fabric Appearance, *Textile Res. J.* 65(11), 676-683 (1995).
- [11] Xiaobo, Y., Binjie, X., Baciú, G., Jinlian, H.: Fourier-Analysis Based Satin Fabric Density and Weaving Pattern Extraction, *RJTA* 2007, Vol. 11, No. 1.
- [12] Wood, E.: Applying Fourier and Associated Transforms to Pattern Charcterization in Textiles, *Textile Res. J.*, 60, 212-220 (1990).

- [13] Linka, A., Volf, P., Košek, M.: Zpracování obrazu a jeho statistická analýzy: Digitalizace obrazu. E – learning.tul.cz [online]. 2009, [cit. 23.11.2009]. Dostupné na Internetu:
http://e-learning.tul.cz/cgi-bin/elearning/elearning.fcgi?ID_tema=67&ID_obsah=1176&stranka=publ_tema&akce=polozka_vstup
- [14] GONZALES, R.C., WOOD, R.E.: *Digital Image Processing*. 2nd edition, Prentice-Hall, 2002.
- [15] Pařilová, H.: Textilní zbožíznalství, Tkaniny. Skripta TUL [online]. 2006, [cit. 23.11.2009]. Dostupné na Internetu:
<https://skripta.ft.tul.cz/database/data/2007-11-20/09-23-25.pdf>
- [16] Tunák, M.: Využití texturních charakteristik pro automatickou kontrolu tkaných textilií. Diplomová práce, TUL 2005.
- [17] Tunák, M.: Detekce vad v plošných textiliích. Disertační práce, TUL 2008.
- [18] Linka, A., Volf, P., Košek, M.: Zpracování obrazu ve frekvenční oblasti: Automatické zjišťování dostavy tkaniny. E – learning.tul.cz [online]. 2008, [cit. 3.4.2010]. Dostupné na Internetu:
http://e-learning.tul.cz/cgi-bin/elearning/elearning.fcgi?ID_tema=73&ID_obsah=1710&stranka=publ_tema&akce=polozka_vstup

Přílohy

V Příloze 1 jsou uvedeny příklady obrazů vybraných vzorků tkanin a grafy osnovy, útku v rámci aplikace jednotlivých metod automatického určení dostavy tkanin popsaných v této práci. Zdrojové kódy k jednotlivým metodám jsou uvedeny v Příloze 2. Obrazová sada vzorků a zdrojové kódy vytvořených skriptů v prostředí programu MATLAB pro jednotlivé metody jsou přiloženy na CD.