

## 1. Formy danych obrazowych. Klasy obrazów. - W1

- W systemach cyfrowego przetwarzania obrazu przydatny jest podział danych obrazowych na cztery klasy:

I. Obrazy o pełnej gradacji kontrastu (o pełnej skali stopni jasności) i obrazy barwne.

II. Obrazy o dwóch poziomach szarości (obrazy binarne).

III. Krzywe dyskretne i linie proste.

IV. Punkty lub wieloboki.

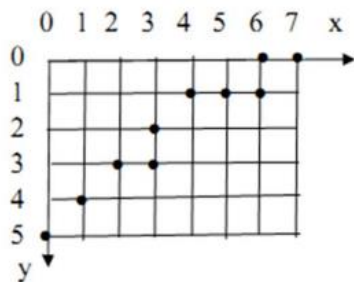
- Klasa I. Obrazy klasy I dokładnie przedstawiają rzeczywistość. Obrazy są reprezentowane jako macierze z elementami całkowitymi, powszechnie nazywanymi „element obrazu” lub „piksel”.

- Do reprezentowania obrazów kolorowych mogą służyć trzy macierze (dla kolorów: czerwonego, zielonego i niebieskiego) lub jedna macierz, w której różne bity każdego elementu odpowiadają poszczególnym kolorom.

- Klasa II. Obraz klasy II jest obrazem dwupoziomowym (czarno-białym). Obrazy tej klasy mogą być reprezentowane jako macierze z jednym bitem na element.

- Klasa III. Kontury obszarów i form falistych lub wykresy funkcji są przykładami obrazów klasy III. Dane są ciągami punktów, które mogą być reprezentowane przez ich współrzędne  $x$  i  $y$ .

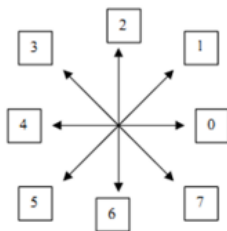
- Krzywe dyskretne – zbiór pikseli rastru prostokątnego z których każdy (oprócz pikseli końcowych) posiada nie mniej niż 2 i nie więcej niż 3 sąsiadów odpowiednio skonfigurowanych.



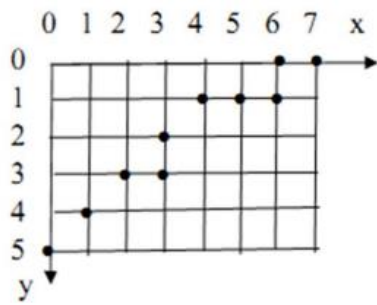
Ciąg par współrzędnych  $x$  i  $y$  kolejnych pikseli krzywej:  $(x_1, y_1) = (0, 5)$ ;  $(x_2, y_2) = (1, 4)$ ; ...;  $(x_{10}, y_{10}) = (7, 0)$ . ✓Taka metoda jest jednak raczej nieefektywna, tak samo jak stosowanie przyrostów  $dx$  i  $dy$  między kolejnymi punktami.

- Wydajniejszą reprezentację danych otrzymuje się stosując kody łańcuchowe, w których wektor łączący dwa kolejne punkty jest określony jednym symbolem ze skończonego zbioru symboli.

- Typowy kod łańcuchowy z zastosowaniem ośmiu kierunków



- Długość kodu łańcuchowego nie zależy od kształtu krzywej (określonego poprzez kody kierunków pomiędzy kolejnymi pikselami krzywej).



Kod łańcuchowy: 1 1 0 2 1 0 2 0

• Jeszcze bardziej wydajną metodę otrzymujemy się stosując różnicowy kod łańcuchowy, gdzie reprezentacją każdego punktu jest różnica między dwoma kolejnymi kodami bezwzględny.

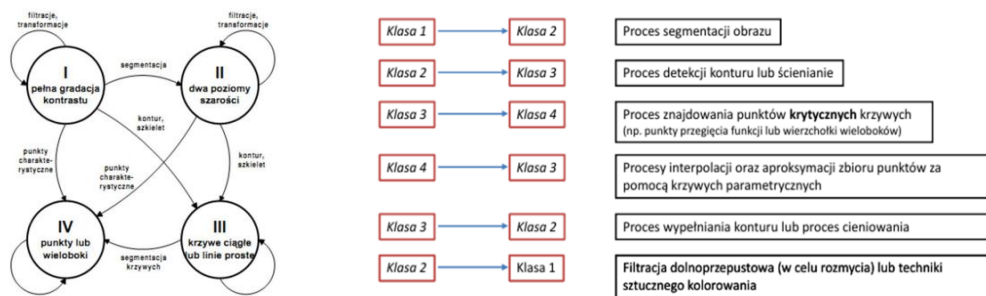
• Nadal mamy osiem wartości : 0,  $\pm 1$ ,  $\pm 2$ ,  $\pm 3$ , 4

zmiana nachylenia	0	+1	-1	+2	-2	+3	-3	4
kod	0	01	011	0111	01111	011111	0111111	01111111

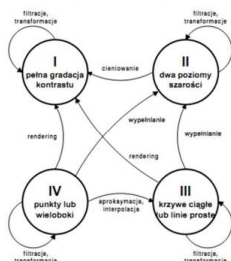
• Długość kodu zależy od kształtu krzywej (określonego poprzez kody zmian kierunków pomiędzy kolejnymi pikselami krzywej).

• Różne rodzaje operacji cyfrowych stosowanych w technice obrazowej można wówczas wprowadzać jako przekształcenie danych obrazowych jednej klasy w drugą.

• W ogólności – przekształcenia danych z klasy o niższym numerze w dane należące do klasy o wyższym numerze możemy kwalifikować jako operację z obszaru rozpoznawania obrazu, – a odwrotnie – z obszaru grafiki komputerowej,



## Transformacje pomiędzy klasami obrazów (grafika)



@@

2. Zasady tworzenia obrazu cyfrowego. Próbkowanie. Kwantowanie. Obraz jako funkcja. - W1

@@

### 3. Formaty zapisu obrazu cyfrowego. Głębina bitowa. Reprezentacja obrazu cyfrowego. - W2

#### Głębina bitowa (1)

- Każdy z elementów dyskretnej reprezentacji obrazu może przyjmować tylko jeden spośród ograniczonej ilości stanów.
- Ilość ta, popularnie nazywana ilością kolorów, może być także w komputerowej reprezentacji obrazu interpretowana jako ilość bitów przeznaczonych na zapamiętanie stanu jednego elementu obrazu.
- Biorąc pod uwagę ilość poziomów barw występujących w obrazie cyfrowym wyróżnić można następujące formaty zapisu:
  - binarny,
  - monochromatyczny (o wielu odcieniach szarości),
  - kolorowy.
- binarny (1 bpp, bit per piksel) Najprostszy z formatów, zajmujący najmniej pamięci (1 bit). Poszczególne punkty obrazu zapisanego w tym formacie mogą przyjmować tylko jedną z dwóch wartości 0 lub 1. Ten format, ma podstawowe znaczenie w analizie obrazu. Dużo algorytmów przetwarzania obrazu bazuje na tym formacie;
- monochromatyczny (o wielu odcieniach szarości): Nazwa tego formatu wynika stąd, że najczęściej wartość danego elementu obrazu wyraża jego względną jasność. Za pomocą tego formatu można zakodować 256 różnych poziomów szarości na jeden punkt, które zapisujemy jako liczby całkowite. Dlatego najczęściej spotykaną formą dyskretnego obrazu o wielu odcieniach szarości, jest obraz, którego funkcja jasności  $f(m, n)$  przyjmuje wartości z przedziału  $[0, 255]$ , gdzie wartość 0 oznacza, że piksel jest czarny, a 255 – biały;
- kolorowy (24 lub 32 bpp): Najczęściej po 8 kolejnych bitów w tym formacie opisuje nasycenie jednej z trzech barw podstawowych RGB. Za pomocą tego formatu można zapisać około 17 milionów różnych odcieni kolorów. Wadą tego formatu jest stosunkowo duża zajętość pamięci.

#### Reprezentacja obrazu cyfrowego (2)

- Obraz cyfrowy – tablica  $M \times N$  próbek wynikających z dyskretyzacji obrazu (przestrzennej); każdy element tablicy przechowuje skwantowany poziom szarości (jeden spośród  $L$  poziomów).

$$f(m, n) = \begin{bmatrix} f(0, 0) & f(0, 1) & \dots & f(0, N-1) \\ f(1, 0) & f(1, 1) & \dots & f(1, N-1) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f(M-1, 0) & f(M-1, 1) & \dots & f(M-1, N-1) \end{bmatrix}$$

- Liczba pikseli i poziomów jasności może być w ogólności dowolna, jednak sposób reprezentacji danych w technice komputerowej przemawia za stosowaniem wielkości będących wielokrotnościami liczby 2, np. 512 x 512 pikseli i 256 poziomów jasności.
- Liczba i gęstość powierzchniowa pikseli powinny być dostatecznie duże, aby zachowane zostały pożądane elementy informacji obrazowej.

@@

### 4. Podział i ogólna charakterystyka algorytmów przetwarzania obrazu. Typy transformacji Obrazów.

#### Podział i ogólna charakterystyka algorytmów przetwarzania obrazu (1)

- Możliwych sposobów przetworzenia jednego obrazu w inny jest nieskończenie wiele, jednak większość nie posiada znaczenia praktycznego.

- Niemniej pozostała część przekształceń, mogących przynieść praktyczne efekty, jest na tyle liczna, że warto sklasyfikować ją na grupy ze względu na posiadane cechy.

- Są pięć podstawowych grup przekształceń

- przekształcenia geometryczne, – przekształcenia punktowe (bezkontekstowe),

- przekształcenia kontekstowe (filtry konwolucyjne, logiczne i medianowe),

- przekształcenia widmowe (wykorzystujące transformację Fouriera), – przekształcenia morfologiczne.

#### Przekształcenia geometryczne

- Na przekształcenia geometryczne składają się przesunięcia, obroty, odbicia i inne transformacje geometrii obrazu.

- Przekształcenia te wykorzystywane są do korekcji błędów wnoszonych przez system wprowadzający oraz do operacji pomocniczych.

#### Przekształcenia punktowe (1)

- Cechą charakterystyczną punktowych przekształceń obrazu jest to, że poszczególne elementy obrazu (punkty) modyfikowane są niezależnie od stanu elementów sąsiadujących.

- Innymi słowy, jeden punkt obrazu wynikowego otrzymywany jest w wyniku wykonania określonych operacji na pojedynczym punkcie obrazu wejściowego.

- Dzięki takiej prostej regule operacje jednopunktowe mogą być wykonywane stosunkowo łatwo i szybko nawet na bardzo dużych obrazach.

- Najprostszymi operacjami punktowymi są: utworzenie negatywu, rozjaśnienie lub zaciemnienie wybranych punktów obrazu.

- Przekształcenia jednopunktowe (inaczej znane jako operacje anamorficzne) wykonywane są zwykle z zastosowaniem operacji LUT (look-up table), wykorzystującej z góry przygotowane tablice korekcji.

#### Przekształcenia kontekstowe (1)

- Przekształcenia przy pomocy filtrów polegają na modyfikacji poszczególnych elementów obrazu w zależności od stanu ich samych i ich otoczenia.

- Ze względu na tę kontekstowość operacje filtracji mogą wymagać dość długiego czasu.

- Żeby wyprodukować jeden punkt obrazu wynikowego trzeba poddać określonym przekształceniom zarówno odpowiadający mu punkt obrazu źródłowego, jak i kilka punktów z jego otoczenia.

- Jednak przekształcenia wchodzące w skład filtracji obrazu są algorytmiczne proste i regularne, a ponadto mogą być wykonywane na wszystkich punktach obrazu równocześnie bez konieczności uwzględniania przy przetwarzaniu jednego piksela wyników przetwarzania innych pikseli.

#### Przekształcenia widmowe (1)

- Przekształcenia widmowe są pod wieloma względami podobne do filtracji kontekstowych, z tą jedynie różnicą, że kontekstem używanym w operacjach jest w istocie cały obraz.

- Technika przekształceń widmowych polega na tym, że najpierw w oparciu o cały obraz obliczane jest (z użyciem transformacji Fouriera) dwuwymiarowe widmo obrazu, następnie widmo to podlega określonej modyfikacji a następnie dokonywana jest rekonstrukcja obrazu (z użyciem odwrotnej transformacji Fouriera).

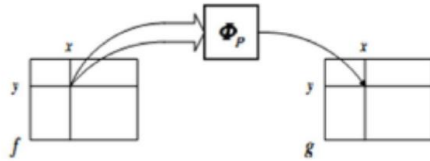
- Taki sposób przetwarzania obrazu pozwala na wyjątkowo precyzyjne kontrolowanie skutków dokonywanych transformacji, jednak z punktu widzenia jakości obrazów nie wnosi istotnie nowej jakości, a wiąże się z ogromnym obciążeniem obliczeniowym komputera.

## Przekształcenia morfologiczne

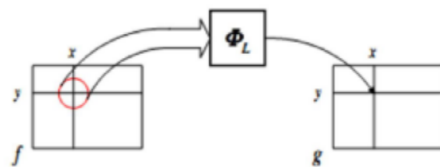
- Przekształcenia morfologiczne różnią się od filtrów tym, że dany element obrazu nie jest modyfikowany zawsze, ale tylko wtedy, gdy spełniony jest zadany warunek logiczny.
- Przekształcenia morfologiczne wykonywane są zazwyczaj iteracyjne, aż do zaistnienia zadanego warunku logicznego (zazwyczaj braku dalszych zmian w przetwarzanym obrazie).

### Typy transformacji obrazów (1)

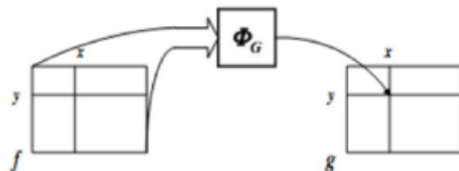
#### 1. Transformacja punktowa



#### 2. Transformacja lokalna



#### 3. Transformacja globalna



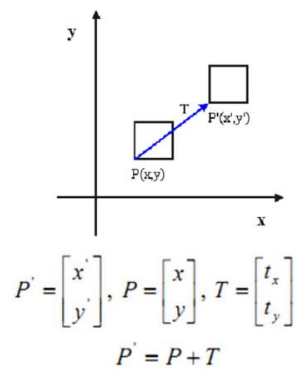
@@

#### 5. Przekształcenia geometryczne. - W3

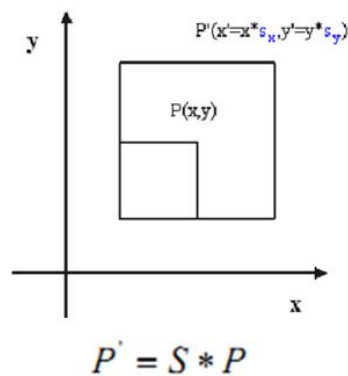
##### Przekształcenia geometryczne (1)

1. Przesuwanie obrazu 2. Skalowanie obrazu 3. Obracanie obrazu 4. Odbijanie symetryczne obrazów

- Służą do korekcji błędów geometrii obrazu takich jak: zniekształcenia – poduszkowe, – beczkowate, – trapezowe.
- Zwykle są to samodzielne transformacje, ale mogą być też wykorzystywane do wspomagania innych przekształceń.
- Przesuwanie (translacja) obrazu

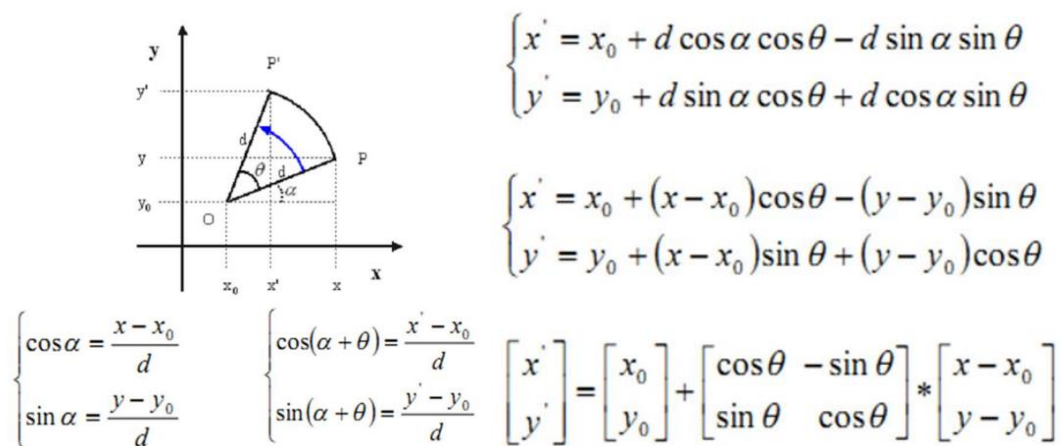


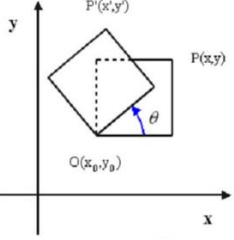
- Skalowanie obrazu



$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s_x & 0 \\ 0 & s_y \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \quad \begin{cases} x' = s_x * x \\ y' = s_y * y \end{cases}$$

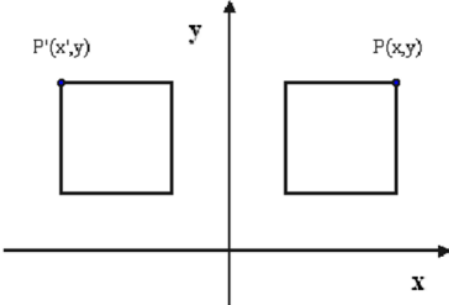
- Obracanie (rotacja) obrazu





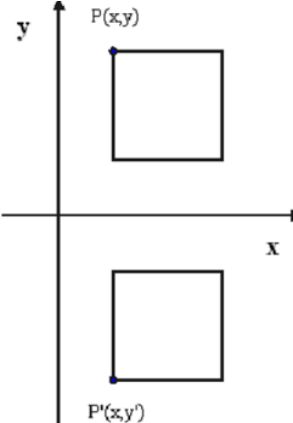
$$P' = R(\theta) * P \quad R(\theta) = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- Odbijanie symetryczne obrazów



$$x' = (x_{rozdz} - 1) - x$$

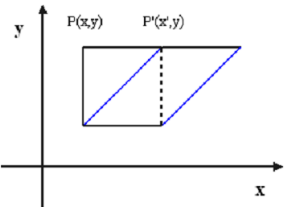
**Schemat poziomego odbicia obrazu**



$$y' = (y_{rozdz} - 1) - y$$

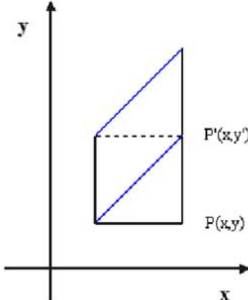
**Schemat pionowego odbicia obrazu**

- Pochylenie (odkształcenie) obrazów



$$\begin{aligned} x' &= x + y \cdot x_{od} \\ y' &= y \end{aligned} \quad (x', y') = (x, y) \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ x_{od} & 1 \end{bmatrix}$$

**Schemat pochylania obrazu w kierunku osi x**



$$\begin{aligned} x' &= x \\ y' &= y + x \cdot y_{od} \end{aligned} \quad (x', y') = (x, y) \cdot \begin{bmatrix} 1 & y_{od} \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

**Schemat pochylania obrazu w kierunku osi y**

@@

## 6. Przekształcenia punktowe. Podstawowe cechy. Operacje liniowe. - W3

### Przekształcenia punktowe (1)

- Przekształcenia punktowe realizowane są zwykle w taki sposób, że wymagane operacje wykonuje się na poszczególnych pojedynczych punktach wejściowego obrazu, otrzymując w efekcie pojedyncze punkty obrazu wyjściowego.

- Poszczególne elementy obrazu (punkty) modyfikowane są niezależnie od stanu elementów sąsiadujących. Dzięki temu są wykonywane stosunkowo szybko i łatwo nawet na bardzo dużych obrazach.

- Operacji te charakteryzują się następującymi cechami:

- modyfikowana jest jedynie wartość (np. stopień jasności) poszczególnych punktów obrazu. Relacje geometryczne pozostają bez zmian;

- jeżeli wykorzystywana jest funkcja ściśle monotoniczna (rosnąca lub malejąca), to zawsze istnieje operacja odwrotna, sprowadzająca z powrotem obraz wynikowy na wejściowy. Jeżeli zastosowana funkcja nie jest ściśle monotoniczna, pewna część informacji jest bezpowrotnie tracona;

- operacje te mają za zadanie jedynie lepsze uwidocznienie pewnych treści już zawartych w obrazie. Nie wprowadzają one żadnych nowych informacji do obrazu.

- Bezpośrednio widocznym efektem przekształceń punktowych jest więc zawsze zmiana skali jasności obrazu bez zmiany geometrii widocznych na obrazie obiektów.

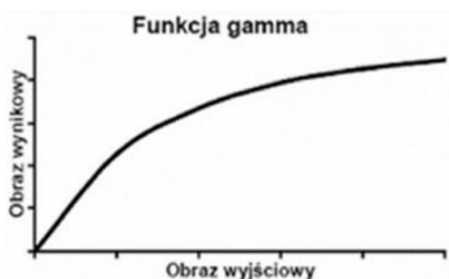
- Mimo bardzo prostego matematycznie charakteru przekształcenia punktowe bardzo radykalnie modyfikują subiektywne wrażenie, jaki uzyskujemy oglądając obraz.

- Dla ogólnego polepszenia jakości obrazu można użyć następujących dwóch wygodnych przekształceń:

- normalizacja – polegająca na sprowadzeniu przedziału zmian wartości punktów wyjściowego obrazu do pewnego, ustalonego zakresu,



- modulacja (korekcja) gamma – mająca za zadanie redukcję nadmiernego kontrastu obrazu wyjściowego. Wykorzystana funkcja ma postać:  $x \rightarrow x^\gamma$ , gdzie  $\gamma$  – stały wykładnik, zazwyczaj liczba naturalna.





## Operacje liniowe (1)

1. Dodanie do obrazu  $f(m, n)$  liczby  $\chi$  (dodatniej lub ujemnej)

- Wartość wynikową w punkcie  $(m, n)$  możemy wyrazić wzorem

$$f'(m, n) = f(m, n) \pm \chi$$

- Dodanie/odjęcie stałej  $\chi$  przesuwa cały obraz w kierunku jaśniejszej lub ciemniejszej tonacji, co często pozwala zauważyć obiekty uprzednio niedostrzegalne gołym okiem.

- Należy jednak pamiętać, aby nie przekroczyć zakresu minimalnej i maksymalnej wartości jasności.

- Po wykonaniu przekształcenia może być konieczna normalizacja obrazu  $f'(m, n)$  celem zapewnienia warunku

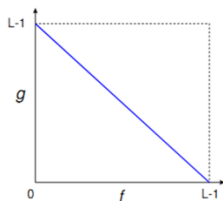
$$f'(m, n) \in \mathcal{N},$$

gdzie  $\mathcal{N}$  oznacza zbiór liczb całkowitych z przedziału  $0, 2^B - 1$ , a  $B$  jest przyjętą liczbą bitów dla reprezentacji jednego punktu obrazu.

2. Negatyw obrazu

- Jeżeli za stałą  $\chi$  przyjmiemy maksymalną wartość jasności (255, dla  $B = 8$ ), to odjęcie od niej obrazu spowoduje otrzymanie negatywu

$$f'(m, n) = 255 - f(m, n).$$



3. Przemnożenie obrazu przez liczbę  $\alpha$

- Ta operacja wyraża się wzorem  $f'(m, n) = \alpha f(m, n)$ .
- Po wykonaniu przekształcenia może być konieczna normalizacja obrazu.
- Przekształcenie to dla  $\alpha > 1$  zwiększa, zaś dla  $\alpha < 1$  zmniejsza zróżnicowanie stopni szarości obrazu czyli kontrast.
- Zbyt duże zwiększenie zróżnicowania szarości zwykle pociąga za sobą utratę części informacji w następstwie procesu normalizacji.

4. Opisane operacji na obrazie należą do grupy operacji liniowych, ponieważ można je opisać wzorem

$$f'(m, n) = \alpha f(m, n) \pm \chi.$$

@@

7. Przekształcenia punktowe. Podstawowe cechy. Operacje nieliniowe.

## Operacje nieliniowe (1)



[illegible]

ඔබගේ ප්‍රතිචාරය මත පදනම්ව ඔබට අනුමැතිය ලබා දෙනු ඇත.

[illegible][illegible]