АКАДЕМИЈА ТЕХНИЧКО - УМЕТНИЧКИХ СТРУКОВНИХ СТУДИЈА
БЕОГРАД

ОДСЕК ВИСОКА ШКОЛА ЕЛЕКТРОТЕХНИКЕ И РАЧУНАРСТВА

Ћирић Угљеша

Програм за конверзију растерске графике у ASCII уметност

- завршни рад -

Београд, јануар 2024.

Кандидат: **Ћирић Угљеша**

Број индекса: **РТ-8/18**

Студијски програм: **Рачунарска техника**

Тема: **Програм за конверзију растерске графике у ASCII уметност**

Основни задаци:

1. Опис растерске графике, ASCII уметности, C++ језика и GDI+ API.

2. Имплементација програма за конверзију растерске графике у ASCII уметност

3. Опис корисничког интерфејса и резултата конверзије

Ментор:

Београд, јануар 2024. године.

_____

Др Перица Штрбац, проф. ВИШЕР

РЕЗИМЕ:

У раду је демонстриран и детаљно описан развој и коришћење Windows конзолне апликације за конверзију растерске графике у ASCII уметност. Разматрани су различити алгоритми који за циљ имају оптималну и веродостојну представу улазног растерског фајла као ASCII уметност. Као кључне технологије у програму се користе GDI+ API, као и Windows API, написан у програмском језику C++. Задатку је приступано са објектно-орјентисаним развојем на уму. Један од разлога је јаснија хијерархија програма, лакша потенцијална рефакторизација или проширивање и добра основа као компонента комплекснијег система.

Кључне речи: *ASCII уметност, GDI+, Windows API, C++, растерска графика, објектно-орјентисан*

ABSTRACT:

This paper demonstrates and describes in detail the development and use of a Windows console application for converting raster graphics to ASCII art. Various algorithms aimed at the most optimal and credible representation of the input raster file as ASCII art are considered. GDI+ API, as well as Windows API, written in C++ programming language, are used as key technologies in the program. The task was approached with object-oriented development in mind. One of the reasons is a clearer program hierarchy, easier potential refactoring or expansion, and a good foundation as a component of a more complex system.

Key words: *ASCII art, GDI+, Windows API, C++, raster graphics, object-oriented*

САДРЖАЈ

1. УВОД

Апликација представља завршни рад на тему рачунарске графике и названа је **img2ascii**. Представља конвертор растерске графике у ASCII уметност који подржава групу најкоришћенијих и најпознатијих растерских типова битмапа, написан у програмском језику C++. Компајлиран је у 32-битни извршни фајл. Подржава познате растерске типове датотека попут:

- JPG
- PNG
- GIF
- BMP
- TIFF

Сама логика извршавања конверзије је реализована преко објектно-орјентисаног модела приступа решењу, где се већи део логике заправо дешава у главној класи. Позив конструктора са параметрима се дешава из главне **main** функције програма који ове параметре доставља парсирајући кориснички унос преко конзоле. Ово обезвбеђује јасан ток програма и видљиву границу између логике извршавања програма као целине и саме логике конверзије која се може изоловати и применити независно од начина и приступа извршавања главног програма. У даљем тексту ће бити разложено питање тога које су све технологије укључене у израду апликације, алгоритми који су примењени, као и детаљније о самом начину коришћења програма. Биће више речи о фонтовима и специфичног избора фонта када је реч о генерисању ASCII уметности.

2. ТЕХНОЛОГИЈЕ

Технологије које се користе у овом програму су GDI+ API и Windows API. Такође, апликација користи стандардне функционалности и структуре података које std библиотека пружа у оквиру дефинисаног стандарда ISO C++14. Поред ових технологија апликација се не ослања на друге екстерне библиотеке или зависности, већ имплементацијом одређених алгоритама и логике омогућава извршавање.

2.1. GDI+

GDI+ је скраћеница за „Graphic Device Interface Plus “. То је Microsoft-ов скуп библиотека за руковање графичким елементима у Windows оперативном систему. GDI+ се користи за руковање сликама, текстом и другим графичким елементима у Windows апликацијама. Он омогућава програмерима да цртају и манипулишу графиком у апликацијама. GDI+ је алат за рад са графиком који је довољно једноставан за употребу, али моћан да се користи за реализацију сложенијих графичких приказа. Са GDI+-ом је могуће руковати облицима, линијама, текстом, градијентима, трансформацијама и другим елементима, али је као такав направљен да се примарно употребљава код дводимензионе графике и приказа. GDI+ је део Windows оперативног система и доступан је у готово свим верзијама Windows-а. Као такав, GDI+ је избор технологије која ће бити задужена за манипулацијом графичког дела обраде растерске графике.

2.2. Windows API

Windows API (Application Programming Interface) је скуп рутина, структура података и дефиниција константи које омогућавају програмерима да приступе одређеним функцијама Windows оперативног система. То укључује приступ графичким елементима, датотекама, меморији и другим системским ресурсима. Често се користи заједно са GDI+ API-ем за стварање графички богатих Windows апликација. Windows API је интегрални део Windows оперативног система и доступан је у свим верзијама Windows-а. Он се може користити у различитим програмским језицима, укључујући C, C++, C#, Visual Basic и другим. Windows API се користи у многим различитим апликацијама, од десктоп апликација до игара. Пружа приступ многим различитим функцијама оперативног система и његовим ресурсима. То укључује, али није ограничен, на функције за рад са датотекама, рад са меморијом, рад са процесима и нитима, рад са графичким елементима и рад са мрежама. Такође пружа могућност да се користе различити системски ресурси, као што су штампачи и уређаји за унос попут компјутерског миша и тастатуре. Такође садржи мноштво структура података и константи које се користе у апликацијама. Ове структуре података обично садрже информације о објектима у оперативном систему, као што су датотеке, процеси и уређаји. Константе се користе за дефинисање вредности за различите опције и поставке у апликацијама. Представља веома комплексан и огроман скуп алата који се могу употребити у различлите сврхе. Функционалност Windows оперативног система је заснована на Windows API-у.

2.3. C++ STD библиотека

C++ std је скраћеница за Standard C++ библиотеку, која је део језика C++ и садржи различите функције и класе које се користе за развој апликација. Ова библиотека се састоји од више подбиблиотека које се користе за различите намене, као што су input/output, стрингови, контејнери и алгоритми. Подбиблиотека „iostream“ садржи функције за рад са датотекама и улазним/излазним токовима података. Подбиблиотека „string“ садржи класе и функције за рад са стринговима и њихову обраду. Подбиблиотеке „vector“, „list“ и „map“ садрже различите типове контејнера, као што су вектори, листе и мапе, који се користе за обраду података. Подбиблиотека „algorithm“ садржи различите алгоритме за обраду података, као што су сортирање и претрага. Осим ових подбиблиотека, C++ std такође садржи и класе за рад са динамичком алокацијом меморије, као и за рад са exception-има. Exception-и су изузеци који се јављају током извршавања програма и користе се за обраду грешака и изузетака. C++ std се користи за развој апликација за различите платформе, као што су Windows, Linux и MacOS. Ова библиотека се стално допуњава и унапређује како би се пружио што бољи и ефикаснији приступ различитим функцијама и класама.

3. ПРИНЦИП РАДА

Како би апликација била што јасније објашњена, треба рашчланити њен принцип рада на најапстрактнијем нивоу. Генерална идеја је да се улазни растерски фајл подели на матрицу где би свака ћелија имала једнаке димензије. Однос ширине и висине ћелије матрице би требало да буду једнаки или приближно једнаки односу ширине и висине карактера фонта који се користи за испис ASCII уметности како би се избегла изобличеност изгледа. Свакој ћелији матрице би се доделио квантитативни број који би означавао просечну, односно релативну осветљеност која је нормализована у распону од нула до један. На основу израчунате релативне осветљености сваке ћелије матрице улазног растерског фајла можемо на веома лак начин упоредити вредности са референтном мапом претходно израчунатих вредности релативне осветљености за сваки карактер фонта који се користи. Тиме се добија директно мапирање ћелије матрице са најприближнијим карактером који би представљао ту ћелију матрице за задату релативну осветљеност. Декодирањем матрице добија се низ карактера који се исписује и то представља улазни растерски фајл конвертован у ASCII уметност.

Релативна осветљеност се дефинише као мера светлине боје у односу на референтну белу боју. У RGB систему боја, релативна осветљеност једног пиксела се може израчунати помоћу следеће формуле:

$$Y = Rlin * 0.2126 + Glin * 0.7152 + Blin * 0.0722 \quad (3.1)$$

Где би **Y** представљала релативну осветљеност пиксела, а **Rlin**, **Glin** и **Blin** линеаризоване вредности црвене, зелене и плаве компоненте боје пиксела у RGB систему боја. Функција за рачунање релативне осветљености је:

```
FLOAT Section::calculate_pixel_brightness(INT x, INT y, BitmapData& imageData)
{
	// Calculating average brightness of a single pixel from the given RGB value for pixel
	// positioned at XY coordinate
	// Pixel luminance = (0.2126 * R + 0.7152 * G + 0.0722 * B)

	byte* pixel = (byte*)imageData.Scan0 + (y * imageData.Stride);

	// Watch out for actual order (BGR)!
	// 3 stands for bytes per pixel
	INT bIndex = x * 3;
	INT gIndex = bIndex + 1;
	INT rIndex = bIndex + 2;

	FLOAT red = (FLOAT)pixel[rIndex];
	FLOAT green = (FLOAT)pixel[gIndex];
	FLOAT blue = (FLOAT)pixel[bIndex];

	return ((0.2126f * red + 0.7152f * green + 0.0722f * blue) / 255.f);
}
```

Слика 3.1 Функција за рачунање релативне осветљености једног пиксела

Референтну мапу претходно израчунате релативне осветљености карактера за фонт који се користи рачунамо користећи идентичан алгоритам преко пажљиво усликане слике карактера фонта која је тачних димензија и узима у обзир величину фонта и чињеницу да је сваки карактер исте димензије. Слика 3.3 представља такву слику, и као таква се користила за генерисање референтне мапе релативне осветљености, узимајући у обзир тачне димензије сваког карактера понаособ. Треба имати на уму да све калкулације које се могу извршити пре самог покретања изврше како би се спречиле редудантне калкулације у току извршавања програма. Тиме се постиже додатна брзина. Као део пројекта, у оквиру кода, се налази програм „terminal-font-brightness-map-generator“ који се користи како би се израчунала референтна мапа осветљености за фонт Terminal. Тиме се извбегава динамичко рачунање референтне мапе осветљености фонта приликом сваког покретања. Ово представља парадигму познату под називом „метапрограмирање“. Програм је структуиран и направљен тако да по успешно извршеној калкулацији направи дефиницију C++ структуре која представља референтну мапу осветљености и која се може употребити у главном програму који је предмет обраде рада. На слици 3.1 се налази дијаграм једноставног тока програма.

Слика 3.2 Основни ток програма

3.1. Фонт приказа

Сам избор фонта је веома битан, и у многоме утиче на крајњи резултат. У овом програму се користи фонт Terminal, који је „monospaced“ растерски фонт. Terminal фонт је присутан на сваком Windows оперативном систему, где је био подразумевани фонт за командну линију на Windows 7 оперативном систему и ранијим верзијама. За креирање ASCII уметности се неретко користе фонтови фискне ширине, односно „monospaced“

фонтови. Овакви фонтови имају сет карактера који заузимају исту ширину и висину и самим тим су погодни за предвидљив приказ и тачно центрирање исписа на екрану. Изабрана је величина фонта 8x12 пиксела (ширина x висина). Када је у питању величина фонта, што је величина мања приказ може да садржи више карактера на истој површини екрана и самим тим прави већу дефиницију у приказу. Ово може деловати привлачно приликом одабира фонта, али треба имати на уму повећање времена процесирања због обраде више ћелија матрице. Такође, уз премалу величину фонта би се изгубила поента ASCII уметности. На следећој слици (Слика 3.3) се налази фонт Terminal који ће бити коришћен за испис.

Слика 3.3 Сет карактера фонта Terminal 8x12

3.2. Иницијализација и провере

Одређене метрике од којих у многоме зависи крајњи резултат обраде су омогућене да се контролишу у виду параметара од стране корисника. Ови параметри нису обавезни да се контролишу зато што су одређене подразумеване вредности већ подешене које генеришу резултате који су задовољавајући у већини случајева. Овиме се такође олакшава употреба овог програма. Од параметара који су дозвољени да се контролишу уврштавамо:

- Путања на диску до улазног растерског фајла
- Број карактера у једном реду ASCII уметности
- Ширина скалирања улазног растерског фајла у пикселима
- Корекција гаме, контраста и нивоа осветљења улазног растерског фајла
- Брзи алгоритам/прецизан алгоритам генерисања ASCII уметности

Сваким од ових параметара се такође уводи и потенцијални вектор за грешку услед погрешног уноса корисника који може да изазове непредвиђена понашања програма. Како би се шансе за непредвиђеним понашањима минимизирале, уводе се одређене провере које се изводе пре било каквог вида обраде и претпроцесирања. Провере укључују:

- Подржаност димензије улазног растерског фајла
- Успешност учитавања растерског фајла са диска у меморију програма
- Подржаност типа битмапе за обраду
- Подржаност максималног броја карактера у једном реду ASCII уметности

Ове провере су направљене како би се осигурао неометани даљи ток алгоритма и како би се смањиле шансе за непредвиђене ситуације. Другачији вид провера у току самог извршавања програма су имплементирани како би се кориснику дало до знања шта је то што је потенцијално изазвало грешку али већ у овом тренутку обраде није могуће предвидети и заобићи овакве ситуације.

3.3. Претпроцесирање улазног растерског фајла

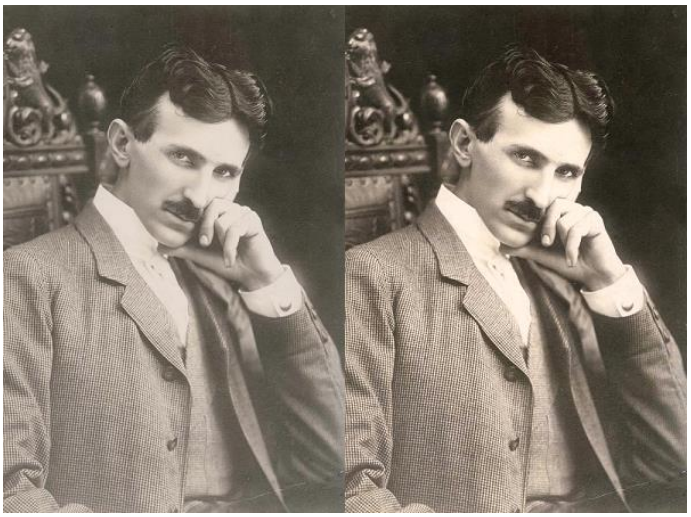
Програм је дизајниран тако да узима у обзир и могуће мањкавости улазних растерских фајлова те на одговарајући начин одговори на ове проблеме. Овим претпроцесирањем и проверама се минимизира шанса да се догоди непредвиђена околност. Како корисници имају слободан унос растерских фајлова, битно је да се предвиди потенцијална фаличност дефиниције или квалитета растерског фајла и омогући да се на одговарајући начин ове фаличности минимизирају или уклоне. Две врсте мањкавости улазног растерског фајла које су обрађене у програму се огледају на следећи начин:

1. Фаличност боја (бледе боје растерског фајла)
2. Неповољне димензије растерског фајла

Претходно наведене потенцијалне фаличности улазног растерског фајла не морају нужно означавати резултујуће генерисање лоше ASCII уметност, али могу представљати разлог за смањен квалитет у односу на квалитет који би могао бити уколико би се, на одговарајући начин, ове фаличности минимизирале или уклониле.

3.3.1. Претпроцесирање – фаличност боја

Када је у питању фаличност боја, односно бледе боје растерског фајла и недовољан контраст, програм приликом рачунања релативне осветљености ћелија матрице слике додељује вредности које нису довољно диверзне међусобно што резултира са ASCII уметношћу која се састоји од малог сета карактера и нејасно дефинисаним облицима и линијама. Мали сет карактера резултујуће ASCII уметности је проузроковано малим диверзитетом релативне осветљености па самим тим и малим диверзитетом карактера. Како би се одговорило на ову проблематику, кориснику је доступна опција да приликом обраде примени негативну гама корекцију и повећа контраст слике. Негативна гама корекција се односи на потамљивање средњих тонова слике. Количина корекције је фиксна и одговара за већину улазних растерских фајлова.



Слика 3.4 Демонстрација претпроцесирања фаличности боја улазног растерског фајла

3.3.2. Претпроцесирање – неповољне димензије растерског фајла

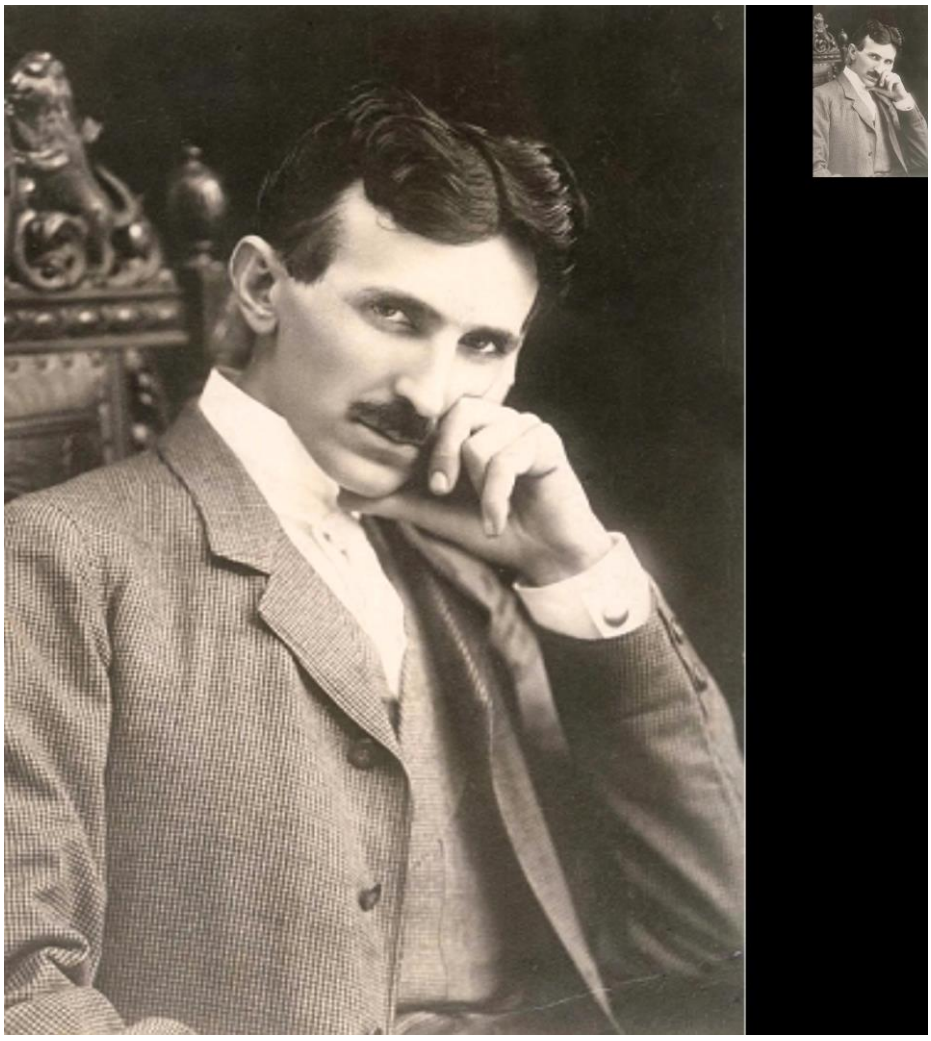
Улазни растерски фајл, попут разних растерских типова датотека, може бити и разних димензија. Ово уводи додатну компоненту и ниво комплексности програма јер су димензије потенцијално промењљиве за сваки други улазни растерски фајл. Иако сама промењљивост димензија улазног растерског фајла јесте изазов на који се мора одговорити на одговарајући начин, један од изазова је такође и чињеница да непредвидивост димензија компликује алгоритам који је задужен за поделу улазног растерског фајла на матрицу. Број ћелија матрице у ширини је заправо још један од могућих улазних параметара програма (али не и обавезан) и заслужан је заправо за број карактера у једном реду ASCII уметности. Ово означава саму „величину“ ASCII уметности и тиме што је омогућен као параметар смо корисницима омогућили да имају велику контролу на изглед и величину резултујуће обраде.

Први изазов што се тиче димензија улазног растерског фајла јесте неповољна димензија и то може ићи у два екстрема. Први екстрем је превелики фајл који је је прескуп за обраду. После одређених димензија растерског фајла нема бенефита у виду јасноће дефиниције резултујуће обраде. Овакав фајл би временски пролонгирао обраду без предности и бенефита. Као противмера је у програму уведена провера да улазни растерски фајл не сме превазилазити максимално дозвољене димензије које се контролишу у изворном коду програма. У овом случају, одлучено је да су ове димензије **четири хиљаде пиксела за висину и ширину** улазног растерског фајла максимално што програм дозвољава за обраду. Овиме смо решили један од екстрема. Други екстрем је улазни растерски фајл који нема довољно пиксела услед премалих димензија. Ово резултује више проблема у виду нејасне дефиниције слике па самим тим ни алгоритам не може да поуздано конвертује овакав фајл у ASCII уметност и проблеме у виду неподржане жеље корисника да се фајл конвертује у велику дефиницију ASCII уметности која подразумева велики број карактера у једном реду упркос малој количини пиксела улазног растерског фајла. Како би се одговорило на овакву проблематику, у програму је додат параметар за контролу скалираља улазног растерског фајла у веће или мање димензије како би фајл свели на већи број пиксела, или мањи ако корисник то жели. Овиме би алгоритам за поделу фајла на матрицу имао више података за рад зато што би се растерски фајл потенцијално скалирао да садржи више пиксела. Улазни параметар за скалирање је заправо број нове ширине скалираног улазног растерског фајла у пикселима. Алгоритам за скалирање рачуна оригинални однос ширине и висине улазног растерског фајла и на основу овог односа и жељене ширине скалираног растерског фајла за обраду који се прослеђује као параметар се примењује скалирање. Скалирање се примењује коришћењем функционалности из GDI+ API-а.

Једна битна напомена код скалирања је да бенефит у виду генерисања више информација и детаља од оригиналног растерског фајла није могуће. Скалирање служи како би фајл свели на више пиксела како би алгоритам имао више података за рад и како би се решили претходно поменути проблеми. Генерисање више детаља би потпало под парадигму „upscaling“, који се може служити разним алгоритмима и вештачком интелигенцијом али то није предмет обраде овог рада.

Други изазов је ширина ASCII уметности у виду броја карактера у једном реду. Ово је још један од параметара и променљивих и ту наилазимо на проблематику да се жељени број карактера за ширину ASCII уметности не подудара као потпуни делилац ширине улазног растерског фајла. Ово је веома чест случај и проузрокује да обрада ASCII уметност делује изобличено услед неравномерне поделе растерског фајла због неуједначених димензија ћелија матрице. Како би заобишли овај проблем, уведено је заокруживање жељеног броја карактера у једном реду резултујуће обраде на први цели делилац ширине улазног растерског фајла, било да је већи или мањи од траженог. Овиме смо обезбедили неометану поделу и жељени исход је омогућен. Постоји више начина које може бити решење ове проблематике, али овакво решење је конкретно и не оставља простора за даље компликације у обради.

На следећој слици (Слика 3.5) је приказан тестни улазни растерски фајл са свим корекцијама које смо обрадили у овој теми (слика лево) наспрам оригиналног улазног растерског фајла (слика десно). Алгоритму је овом обрадом доста олакшана примена и жељена ASCII уметност је генерисана без проблема са јаснијом дефиницијом.



Слика 3.5 Демонстрација претпроцесирања фаличности боја и димензија улазног растерског фајла у правој величини

3.4. Генерисање матрице на основу улазног растерског фајла

Након иницијализације подразумеваних вредности, провере улазних параметара, провере подржаности улазног растерског фајла и опционог претпроцесирања долази следећа обавезна фаза алгоритма а то је генерисање матрице на основу улазног растерског фајла. Као што је већ поменуто, идеја је да се улазни растерски фајл подели на матрицу чије ће ћелије да означавају појединачан карактер резултујуће ASCII уметности. Које димензије ће матрица бити диктира опциони улазни параметар који одређује жељену ширину ASCII уметности у виду броја карактера у једном реду. Ово одређује хоризонтални број ћелија матрице. Вертикални број ћелија матрице се аутоматски одређује тако што се рачуна висина једне ћелије матрице којом се дели укупна висина улазног растерског фајла. Висина ћелије матрице се рачуна као производ њене ширине и константе **1.6**. Ова константа потиче од односа између димензије фонта који се користи за испис ASCII уметности и тестирања исписа. Константа је прилагођена за фонт Terminal 8x12 и не би се могла искористити за друге фонтове. Када се у фонту Terminal 8x12 подели висина са ширином добије се приближно ова константа. Следи слика илустрације како би се претпроцесирани улазни растерски фајл поделио на матрицу.

Слика 3.6 Демонстрација креирања матрице улазног растерског фајла на основу жељеног броја карактера у једној линији

Свака од ћелија матрице са слике 3.6 представља појединачни карактер, односно његову квантитативну вредност релативне осветљености. Број ових ћелија у хоризонтали је прозвољан и одређује број карактера резултујуће конверзије. Број ових ћелија у вертикали је резултат поделе висине улазног растерског фајла и висине једне ћелије која се рачуна на поменути начин из претходног параграфа. За потребе чувања података о овој матрици је направљена нова структура података и креиран је низ. Свака ћелија је индексирана и приступом јој се може прочитати релативна осветљеност која се може декодирати у карактер за приказ преко референтне мапе претходно израчунате релативне осветљености карактера за фонт који се користи.

Током поделе матрице, може доћи до једног крајњег случаја у вези броја редова матрице у вертикали. Крајњи случај се манифестује када укупна висина улазног растерског фајла није дељива висином ћелије матрице. У овом случају, овакав крајњи случај је обрађен да се при дељењу висине растерског фајла и висине матрице резултат пореди да ли је већи од **35%** висине сваке друге ћелије. Уколико јесте, алгоритам ће узети у обзир и последњи ред ћелија матрице, односно остатак пиксела и третирати их као равноправне матричне ћелије. Уколико је ова висина мања, онда се овај последњи ред ћелија одбацује јер у висини није довољно велики да би имао значајни утицај на изглед крајње конверзије у ASCII уметност. Константа од 35% је експерименталног карактера и означава минимални проценат дела висине матрице како би се узео у обзир.

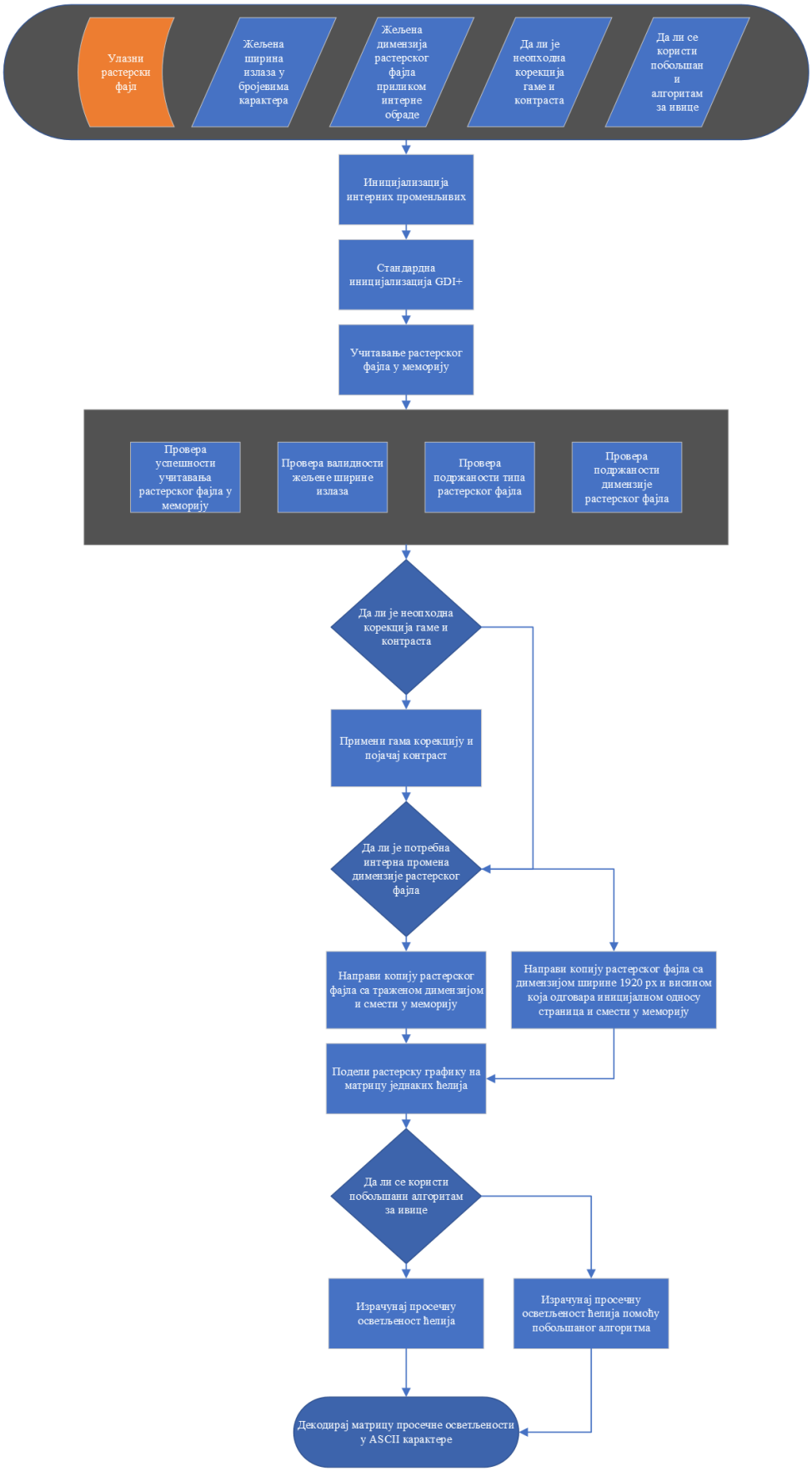
4. АЛГОРИТМИ И СТРУКТУРЕ ПОДАТАКА

Програм за конверзију растерске графике у ASCII уметност инкорпорује основне облике појединих алгоритама које ћемо објаснити у наредним пасусима. Многи принципи рада програма нису сами по себи засновани на утврђеним теоријским принципима, већ заједно у комбинацији постижу хармонијски рад различитих модула. За потребе рада програма направили смо одређене структуре података о којима ће бити више речи са исечцима кода. Главна идеја програма је да се на лак начин омогући конверзија растерске графике у ASCII уметност, и то користећи објектно-орјентисан приступ који на омогућава програмски језик C++. Овим приступом смо такође омогућили веома лаку рефакторизацију кода и његову употребу у већем систему попут кодека за видео снимке који би у реалном времену могао да прикаже цео видео снимак као ASCII уметност. Следи приказ дефиниције класе **ASCIIFied** из фајла img2ascii.hpp кроз коју ћемо детаљно проћи.

```
class ASCIIFied
{
public:
	ASCIIFied(CONST WCHAR* image_path, UINT chars_per_line = MEDIUM, UINT scaled_image_width
	= 0, bool gamma_brightness_correction = false, bool edge_detection = false);
	~ASCIIFied(VOID);

	UINT     get_output_width(VOID) CONST;
	UINT     get_output_height(VOID) CONST;
	Section* get_section_map(VOID) CONST;
	UINT     get_section_map_size(VOID) CONST;
	VOID     generate_image(VOID);
	VOID     output_to_console(VOID);

private:
	Bitmap* image;
	CONST WCHAR* image_path;
	UINT  chars_per_line;
	UINT  scaled_image_width;
	bool  gamma_brightness_correction;
	bool  edge_detection;
	CHAR* decoded_art;
	Section* section_map;
	ULONG_PTR gdiplus_token;
	UINT  section_map_size;
	UINT  char_height;

	VOID    resize_image(UINT width);
	INT     find_closest_divider(INT divisor, INT divider);
	VOID    gridify(Bitmap* base);
	VOID    apply_gamma_brightness_contrast_correction(Bitmap* base);
	FLOAT   similarity(CONST FLOAT a[], FLOAT b[]);
	CHAR    brightness_to_char(CONST map<FLOAT, vector<CHAR>>& map, FLOAT brightness);
	CHAR    brightness_map_to_char(const Char map[], FLOAT brightness_map[]);
	bool    is_supported_bitmap_type(VOID);
	bool    is_supported_bitmap_size(VOID);
	VOID    decode_art(VOID);
};
```

Слика 4.0 Декларација класе програма

Следећа слика представља целокупан дијаграм тока рада програма. Сваки од делова рада програма са слике се сам по себи може издвојити и објаснити. Целокупна логика је енкапсулирана у конструктор класе којој се прослеђују параметри који су објашњени у претходном делу рада. Слика 4.1 ће постати фереренца по којој ће бити објашњено како програм функционише.



Слика 4.1 Дијаграм тока програма

4.1. Иницијализација и покретање програма

На слици 4.1 као улазни параметри су наведене следеће ставке:

1. Уласни растерски фајл
2. Жељена шифира ASCII уметности изражена у бр. карактера у једном реду
3. Жељена ширина улазног растерског фајла приликом обраде (rescale)
4. Да је ли неопходна корекција гаме или контраста
5. Да ли се користи алгоритам за прецизну детекцију ивица

Како је цео програм енкапсулиран у класу а цела логика је смештена у оквиру конструктора класе, довољно је да корисник просто проследи ове параметре самом конструктору и цела логика ће се одвити у позадини. До ових параметара се може доћи на више начина, а то је остављено као додатни корак имплементатору који користи овај програм. Аргументи могу бити преузети са графичке форме и касније прослеђени конструктору. За потребе рада, програм је имплементиран као конзолни програм коме се аргументи прослеђују приликом самог позива програма кроз терминал. Позив конструктора у овом програму се налази у фајлу main.cpp који је уједно и полазна тачка програма и изгледа овако:

```
ASCIIFied image(image_path,
        line_width,
        scaled_resolution,
        gamma_contrast_correction,
        edge_detection);
```

Слика 4.2 Позив конструктора класе програма

Параметри који се прослеђују конструктору на слици 4.2 су декларисани и иницијализовани на следећи начин:

```
INT          line_width = MEDIUM;
INT          scaled_resolution = SCALED_BITMAP_WIDTH;
bool         gamma_contrast_correction = false;
bool         edge_detection = false;
CONST WCHAR* image_path;
```

Слика 4.3 Декларација параметара конструктора

Макрои **MEDIUM** и **SCALED_BITMAP_WIDTH** су декларисани у хедеру img2ascii.hpp и служе као подразумеване вредности које се прослеђују у случају да корисник сам не дефинише неке од улазних параметара. Такође, начин на који су дефинисани одговарају већини употребних случајева. Сви дефинисани макрои за потребе програма су следећи:

```
// Macros for predefined character width of ASCII art compatible with 1920px width
#define TINY   96
#define MEDIUM 128
#define LARGE  192

// Macro for scaled bitmap width. Bigger = more detail and SLOWER to process.
#define SCALED_BITMAP_WIDTH 1920

// This defines maximum allowed width and height of input image expressed in pixels
#define MAX_WIDTH  4000
#define MAX_HEIGHT 4000

// This defines maximum allowed character amount in one line for ASCII art
#define MAX_LINE_LENGTH 400

// Section height is at least 1.6 times its width and must be devisible by height of the image.
// Latin alphabet characters are always taller than they are wide.
// 1.6 Works well for font Terminal 8x12px but other values might suit better for different
// fonts
#define FONT_ASPECT_RATIO 1.6f
```

Слика 4.4 Дефиниције макроа програма

Након успешне обраде конструктора следи део кода који приказује генерисану ASCII уметност у конзоли и пита корисника да ли жели да сачува резултат као слику и смести је на десктоп. Уколико се корисник сложи, слика која представља генерисану ASCII уметност са јединственим именом фајла се генерише.

```
image.output_to_console();

cout << endl << endl << "Do you want to generate an image for this art? (Y/N)" << endl;
string input;
cout << "> ";
cin >> input;

if (tolower(input[0]) == 'y' && input.length() < 2)
{
        image.generate_image();
}
```

Слика 4.5 Приказ и чување ASCII уметности

Функција **output_to_console();** је дизајнирана да генерисану уметност испише у терминалу узимајући у обзир сва додатна подешавања приказа у терминалу. Оваква подешавања су величина и тип фонта као и ширина и висина бафера приказа терминала. То представља системски атрибут command prompt-а и мора се подесити како би приказ био добар. Сва неопходна подешавања су нешто што се претходно мора одрадити како би приказ био онакав какав је програм намењио да прикаже уметност и уколико се разликује то може проузроковати изобличен приказ ASCII уметности. Microsoft је својом детаљном документацијом Windows API-а олакшао употребу и подешавање. Следи дефиниција функције за приказ:

```
VOID ASCIIFied::output_to_console(VOID)
{
        CONSOLE_FONT_INFOEX cfi;

        cfi.cbSize = sizeof(cfi);
        cfi.nFont = 0;
        cfi.dwFontSize.X = 8;
        cfi.dwFontSize.Y = 12;
        cfi.FontFamily = FF_DONTCARE;
        cfi.FontWeight = FW_NORMAL;
        wcscpy_s(cfi.FaceName, L"Terminal");

        HANDLE readHandle = GetStdHandle(STD_OUTPUT_HANDLE);

        // Setting font of the console to the optimal one
        SetCurrentConsoleFontEx(readHandle, FALSE, &cfi);

        CONSOLE_SCREEN_BUFFER_INFOEX info{ 0 };
        info.cbSize = sizeof(info);

        GetConsoleScreenBufferInfoEx(readHandle, &info);
        info.srWindow.Right = 499;
        info.srWindow.Bottom = 499;

        // Setting console character width and height properties so that art isn't cut off by
        // smaller screen buffer for console
        SetConsoleScreenBufferInfoEx(readHandle, &info);

        cout << this->decoded_art << endl << endl;
}
```

Слика 4.6 Дефиниција функције за приказ ASCII уметности

Функција која је одговорна за генерисање битмап слике, представљајући ASCII уметност, има значајну улогу у чувању резултата у облику битмап фајла. Овај фајл може бити касније употребљен за приказивање или друге потребе. Први корак ове функције укључује проверу доступности и спремности ASCII уметности за приказ. Затим, додатна радња обухвата добављање апсолутне путање до десктопа и израчунавање димензија у пикселима битмап слике која ће се генерисати. Неизоставни корак у овом поступку укључује и генерисање јединственог имена фајла. Ово се постиже укључивањем датума и времена генерисања у само име фајла, чиме се осигурава да сваки фајл буде јединствено именован како не би дошло до дуплирања фајлова или других непревиђених околности. Када се добије ова информација, функција користи и Windows API и GDI+ API за чување генерисане слике. Битмап слика је специфично сачувана у PNG формату растера, изабраном због његових карактеристика које укључују задржавање података без губитка и широку подршку на вебу и различитим рачунарским платформама. Ова стратегија чувања слике обезбеђује оптималну доступност и подршку, како на интернету, тако и на различитим типовима рачунара.

```
VOID ASCIIFied::generate_image(VOID)
{
	if (this->decoded_art == nullptr)
	{
		cerr << "Failed to produce image from art because it's accessing nullptr“
		<< "reference maybe due to failed art generation or art isn't decoded"
		<< " yet.\nTerminating the program." << endl;
		exit(EXIT_FAILURE);
	}

	// In pixels, each letter is 8x12px + 1px for vertical separation + some breathing space
	// (char_height = vertical amount of characters in art, chars_per_line = same but on
	// horizontal axis)
	INT image_width  = this->chars_per_line * 8  + 100;
	INT image_height = this->char_height    * 13 + 100;

	// Generate bitmap to draw to
	Bitmap   art_output(image_width, image_height);
	Graphics g(&art_output);

	// Sets background to black
	Color color(Color::Black);
	g.Clear(color);

	// Creating proper font
	HFONT hfont = CreateFont(-12, -8, 0, 0, FW_NORMAL, FALSE, FALSE, FALSE, OEM_CHARSET,
	OUT_RASTER_PRECIS, CLIP_DEFAULT_PRECIS, PROOF_QUALITY, DEFAULT_PITCH, L"Terminal");

	// Text bounding rectangle
	RECT rc = { 50, 50, image_width,  image_height };
	HDC hdc = g.GetHDC();

	// Setting text background and foreground color to console colors along side with font
	SetBkColor(hdc, RGB(0, 0, 0));
	SetTextColor(hdc, RGB(210, 210, 210));

	// Apply font
	SelectObject(hdc, hfont);

	DrawTextA(hdc, this->decoded_art, strlen(this->decoded_art), &rc, DT_LEFT | DT_TOP |
	DT_WORDBREAK);

	g.ReleaseHDC(hdc);
	DeleteObject(hfont);

	WCHAR path[MAX_PATH];

	// Get Desktop path
	if (SHGetFolderPathW(NULL, CSIDL_DESKTOPDIRECTORY, NULL, 0, path) != S_OK)
	{
		cerr << "DESKTOP path not found!\n";
		exit(EXIT_FAILURE);
	}

	SYSTEMTIME time_s;
	GetSystemTime(&time_s);

	wstring day = to_wstring(time_s.wDay);
	wstring month = to_wstring(time_s.wMonth);
	wstring year = to_wstring(time_s.wYear);
	wstring hour = to_wstring(time_s.wHour);
	wstring minute = to_wstring(time_s.wMinute);
	wstring second = to_wstring(time_s.wSecond);

	wstring image_path(path);
	image_path += L"\\ascii_art_" + day + L"-" + month + L"-" + year + L"-" + hour + L"-" +
	minute + L"-" + second + L".png";

	CLSID encId =
	{ 0x557cf406, 0x1a04, 0x11d3,{ 0x9a, 0x73, 0x00, 0x00, 0xf8, 0x1e, 0xf3, 0x2e } };
	art_output.Save(image_path.c_str(), &encId);

	cout << "Image saved to your desktop." << endl;
}
```

Слика 4.7 Дефиниција функције за чување ASCII уметности у битмап фајл

4.2. Конструктор класе и имплементација програма

```
ASCIIFied::ASCIIFied(CONST WCHAR* image_path, UINT chars_per_line, UINT scaled_image_width,
                     bool gamma_brightness_correction, bool edge_detection)
{
        this->image_path = image_path;
        this->chars_per_line = chars_per_line;
        this->scaled_image_width = scaled_image_width;
        this->gamma_brightness_correction = gamma_brightness_correction;
        this->edge_detection = edge_detection;
        this->image = nullptr;
        this->decoded_art = nullptr;
        this->section_map = nullptr;
        this->gdiplus_token = 0;
        this->section_map_size = 0;
        this->char_height = 0;

        // Initialize GDI+
        GdiplusStartupInput gdiplusStartupInput;
        GdiplusStartup(&this->gdiplus_token, &gdiplusStartupInput, NULL);

        this->image = new Bitmap(this->image_path);

        if (this->image->GetLastStatus() != Ok)
        {
                cerr << "Error opening the requested image file at location [ "
                << this->image_path << " ]. Terminating the program." << endl;
                exit(EXIT_FAILURE);
        }

        if (this->chars_per_line > MAX_LINE_LENGTH)
        {
                cerr << "Number of characters per single line provided for ASCII art is bigger"
                << "than allowed, which is " << MAX_LINE_LENGTH << ". Please provide a smaller"
                << "number." << endl;
                exit(EXIT_FAILURE);
        }

        if (!this->is_supported_bitmap_type())
        {
                cerr << "File type provided is different than supported. The supported file"
                << "types are: jpg, png, bmp and tiff." << endl;
                exit(EXIT_FAILURE);
        }

        if (!this->is_supported_bitmap_size())
        {
                cerr << "File width or height exceedes allowed amount. Current allowed dimension"
                << "(width x height) are: " << MAX_WIDTH << " x " << MAX_HEIGHT << endl
                << "Please choose a smaller image." << endl;
                exit(EXIT_FAILURE);
        }

        // Scale the input image to the desired width in pixels preserving original aspect ratio
        // It will not resize the input image if 0 is provided as scaled image width
        if (this->scaled_image_width != 0)
        {
                this->resize_image(this->scaled_image_width);
        }

        if (this->gamma_brightness_correction)
        {
                this->apply_gamma_brightness_contrast_correction(this->image);
        }

        // Calculates a suited grid for scaled bitmap and populates each section with
        // corresponding data!
        this->gridify(this->image);

        // Decode the art from section map data
        this->decode_art();
}
```

Слика 4.8 Конструктор класе и логика програма

На слици 4.8 се налази имплементација конструктора кога смо већ поменули. У овој функцији се налази целокупна логика програма која је задужена за прихватање улазних параметара, конверзију улазног растерског фајла у ASCII уметност и сваку другу међуобраду која се дешава. Сходно слици 4.1 у конструктору можемо редом уочити иницијализацију интерних променљивих, стандардну иницијализацију GDI+ API-а, учитавање растерског фајла у меморију програма, провере валидности података и растера, скалирање улазног растерског фајла уколико има потребе, примену корекције гаме и контраста уколико има потребе, поделу на матрицу и примену функције за конверзију у ASCII уметност. Целокупна логика се дешава у самом конструктору приликом креирања инстанце, односно објекта класе. Сходно томе је веома лако замислити како би овакав приступ могао да се на један лак начин примени над низом растера код којих би се одрадила конверзија на брз серијски начин.

4.3. Напредан алгоритам конверзије

У току овог рада смо поменули напредан алгоритам за конверзију улазног растера у ASCII уметност. Ово је такође и последњи параметар у конструктору класе:

```
ASCIIFied::ASCIIFied(CONST WCHAR* image_path,
        UINT chars_per_line,
        UINT scaled_image_width,
        bool gamma_brightness_correction,
        bool edge_detection)
```

Слика 4.9 Дефиниција конструктора

Параметар „edge_detection“ одређује да ли корисник жели да програм користи напреднији и комплекснији алгоритам који генерише прецизнији резултат по цену већег процесорског времена. Напредни алгоритам конверзије се у многоме заснива на основној верзији конверзије, и то по томе што улазни растерски фајл дели на матрцицу чије се ћелије касније конвертују у своју репрезентацију ASCII карактера. Оно где се алгоритам разликује од своје основне верзије је то да се свака од ћелија матрице дели на девет неједнаких парцела и то по тачно дефинисаним димензијама. Свака парцела има засебну релативну осветљеност у оквиру ћелије матрице. Када је у питању структура података којом би се овакав податак представио, свака ћелија матрице би заправо била вектор вредности од девет чланова. Ово захтева да се референтна мапа претходно израчунатих вредности релативне осветљености за сваки карактер фонта који се користи прекалкулише на исти начин и као таква да се користи где би се калкулација избегла при самом покретању програма. Ондосно, сваки карактер фонта који се користи се мора поделити у девет неједнаких али прецизно одређених парцела, свака од којих би имала квантитативну одредбу релативне осветљености. Алгоритам би у овом случају поредио сваку ћелију матрице, односно вектора са девет чланова, са низом вектора који би представљали референтну мапу. Како би ово најпрости описали, своди се на проналажење најсличнијег вектора из скупа задатом вектору. Сличност два вектора није једноставна тематика и зависи по којим критеријумима се тражи сличност, али

емпиријски је у овом случају закључено да Еуклидска удаљеност даје задовољавајуће резултате. Имплементирано Еуклидска удаљеност дефинише корен квадратног збира свих секција ћелије матрице која представља квантитативни износ који се може упоредити са другим износом који је израчунат на идентичан начин. У овом случају, поређење подразумева најмању разлику између две овакве вредности.

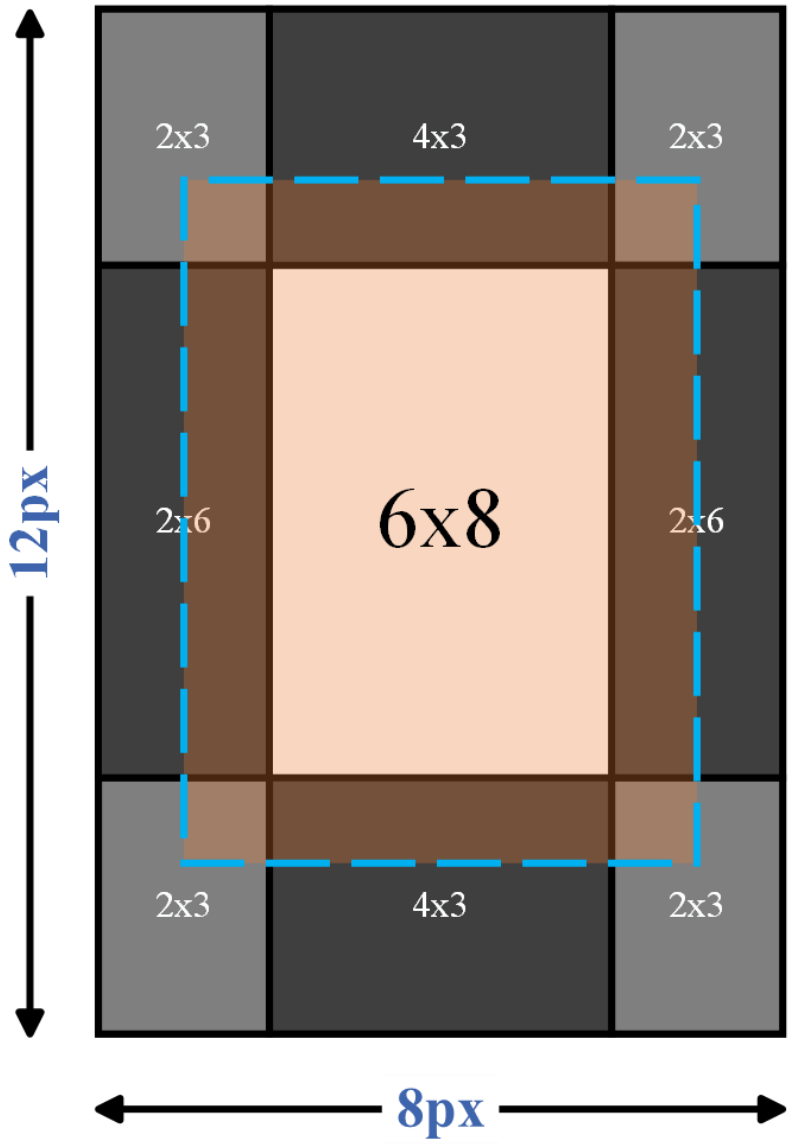
```
FLOAT ASCIIFied::similarity(CONST FLOAT a[], FLOAT b[])
{
	// Implementation of euclidean distance

	FLOAT powSum = 0;
	FLOAT similarity = 0;

	for (INT i = 0; i < 9; i++)
	{
		powSum += pow((a[i] - b[i]), 2.f);
	}

	similarity = sqrt(powSum);

	return similarity;
}
```

Слика 4.10 Имплементација Еуклидске раздаљине

Код овако имплементиране функције је веома лако мапирати векторе ћелије матрице са најсличнијим вектором из скупа вектора сваки од којих представљају карактер из ASCII сета.

4.3.1. Алгоритам генерисања вектора релативне осветљености ћелије

До сада смо поменули како напредни алгоритам конверзије функционише на једном апстрактом нивоу. Када је у питању само генерисање вектора, односно низа, релативне осветљености матрице подељеног улазног растерског фајла и поређења са векторима релативне осветљености сета карактера који сачињавају ASCII уметност, одлучено је за сет од деведесет и пет карактера. Сваки од ових карактера су представљени вектором од девет чланова. Како је избор фонта Terminal 8x12, узимајући ту величину у обзир, неједнаке парцеле су израчунате где централна парцела заузима највећу тежину вредности. Следи подела карактера односно ћелије матрице улазног растерског фајла на поменуте неједнаке парцеле:



Слика 4.11 Шема поделе карактера/ћелије матрице на парцеле

На слици 4.11 је приказана шема поделе карактера фонта који се користи за приказ ASCII уметности на парцеле, узимајући у обзир тачну димензију фонта. Сваки од димензија парцела се може изразити процентуално сходно целокупној величини карактера и такве процентуалне димензије се користе како би се ћелије матрице ASCII уметности поделиле на исти начин. Разлог томе је зато што није могуће знати димензије ћелије матрице пре покретања програма јер те димензије зависе од више фактора попут броја карактера приказа уметности у једном реду и димензије самог улазног растерског фајла, односно скалираног растерског фајла. Како је неопходно израчунати овакав вектор за сваку ћелију матрице а потом такве векторе поредити са референтном мапом, то може бити процесорски интезивно али је крајњи резултат конверзије уочљиво бољи.

5. ЗАКЉУЧАК

img2ascii је програм који трансформише растерску графику у ASCII уметност користећи објектно-оријентисани приступ и програмски језик C++ који то омогућава. Програм прима улазне параметре као што су произвољна растерска датотека, жељени број знакова у једном реду у приказу ASCII уметности, жељену ширину улазне растерске датотеке приликом обраде при скалирању, и информацију да ли је потребна корекција гама или контраста. Алгоритам програма дели улазну растер датотеку у матрицу чије ћелије се касније конвертују у своју репрезентацију ASCII знакова. Програм користи основни алгоритам за ову сврху, али такође нуди и напредни алгоритам конверзије који дели сваку ћелију матрице на девет неједнаких парцела са прецизно дефинисаним димензијама ради постизања прецизнијих резултата, уз дуже време обраде. Програм такође укључује функције за приказ и чување генерисане ASCII слике у виду растерске датотеке.

Логика извршавања конверзије је имплементирана кроз објектно-оријентисани модел приступа решењу, где се већина логике дешава у главној класи, односно конструктору класе. Апликација користи GDI+ API и Windows API за управљање графичким елементима у оперативном систему Windows и приступу фајловима. Windows API је саставни део Windows оперативног система и доступан је у свим његовим верзијама.

Општа идеја је да се улазна растерска датотека подели у матрицу где би свака ћелија имала једнаке димензије, и то у зависности од параметра који одређује број карактера ASCII уметности за приказ у једном реду. Избор фонта има значајан утицај на крајњи резултат, а за приказ се користи Terminal фонт. Алгоритма за генерисање ASCII уметности из растерских слика узима у обзир потенцијалне грешке у уносу корисника и спроводи провере како би се обезбедила неометана обрада са минимализованим шансама за непредвиђене ситуације. Предобрада је такође имплементирана како би се решиле евентуалне фалшности боја и неповољне димензије улазне растер датотеке која подразумева примену корекције контраста и гаме улазног растерског фајла као и његовог скалирања у одговарајућу величину која је један од параметара програма.

Алгоритам генерише матрицу на основу улазне растер датотеке, са бројем ћелија у хоризонтали одређеним опционим улазним параметром, и бројем ћелија у вертикали израчунатим на основу висине једне ћелије и укупне висине улазног растера. Добијена матрица представља појединачне карактере ASCII уметности, при чему свака ћелија садржи квантитативну вредност релативне осветљености. Алгоритам омогућава корисницима контролу над изгледом и величином резултујућег рендеровања.

У закључку, img2ascii је моћан алат за претварање растерске графике у ASCII уметност. Користи објектно-оријентисани приступ омогућен програмским језиком C++ и пружа корисницима контролу над изгледом и величином резултујућег рендеровања.

6. ИНДЕКС ПОЈМОВА

7. ЛИТЕРАТУРА

[1] Microsoft Wiki -Windows API Windows API | Microsoft Wiki | Fandom

[2] Microsoft Official Documentation - GDI+ GDI+ - Win32 apps | Microsoft Learn

[3] Wikipedia - ASCII Art ASCII art - Wikipedia

[4] Stack Overflow - Image to ASCII art conversion c++ - Image to ASCII art conversion - Stack Overflow

[5] YouTube, daivuk (channel) - Image to ASCII experimentations Image to ASCII experimentations - YouTube

[6] Stack Overflow - Formula to determine perceived brightness of RGB color image - Formula to determine perceived brightness of RGB color - Stack Overflow

[7] Wikipedia - Relative Luminance Relative luminance - Wikipedia

[8] educative - How to compute Euclidean distance How to compute Euclidean distance in C# (educative.io)

[9] Wikipedia - Row- and column-major order Row- and column-major order - Wikipedia

[10] Michal Franc - LockBits vs Get Pixel Set Pixel – Performance LockBits vs Get Pixel Set Pixel - Performance | Michal Franc (mfranc.com)

8. ИЗЈАВА О АКАДЕМСКОЈ ЧЕСТИТОСТИ

ИЗЈАВА О АКАДЕМСКОЈ ЧЕСТИТОСТИ

Студент (име, име једног родитеља и презиме): **Угљеша Дејан Ћирић**

Број индекса: **РТ-8/18**

Под пуном моралном, материјалном, дисциплинском и кривичном одговорношћу изјављујем да је завршни рад, под насловом:

Програм за конверзију растерске графике у ASCII уметност

1. резултат сопственог истраживачког рада;
2. да овај рад, ни у целини, нити у деловима, нисам пријављиво/ла на другим високошколским установама;
3. да нисам повредио/ла ауторска права, нити злоупотребио/ла интелектуалну својину других лица;
4. да сам рад и мишљења других аутора које сам користио/ла у овом раду назначио/ла или цитирао/ла у складу са Упутством;
5. да су сви радови и мишљења других аутора наведени у списку литературе/референци који је саставни део овог рада, пописани у складу са Упутством;
6. да сам свестан/свесна да је плагијат коришћење туђих радова у било ком облику (као цитата, прафраза, слика, табела, дијаграма, дизајна, планова, фотографија, филма, музике, формула, вебсајтова, компјутерских програма и сл.) без навођења аутора или представљање туђих ауторских дела као мојих, кажњиво по закону (Закон о ауторском и сродним правима), као и других закона и одговарајућих аката Високе школе електротехнике и рачунарства струковних студија у Београду;
7. да је електронска верзија овог рада идентична штампаном примерку овог рада и да пристајем на његово објављивање под условима прописаним актима Високе школе електротехнике и рачунарства струковних студија у Београду;
8. да сам свестан/свесна последица уколико се докаже да је овај рад плагијат.

У Београду, 31.01.2024. године

Својеручни потпис студента