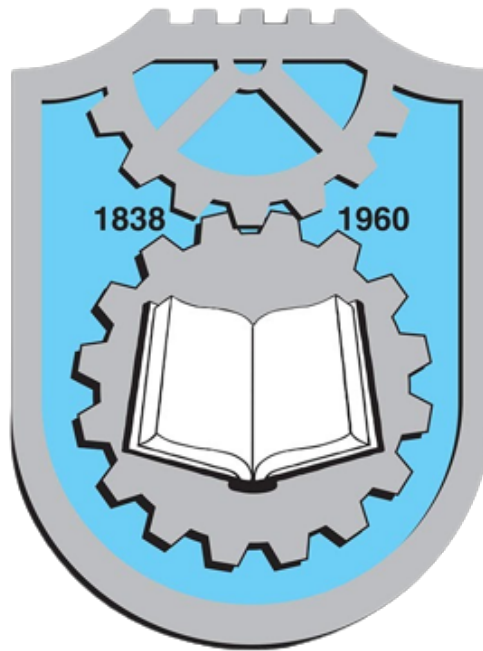


Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука



Неуронске мреже

Домаћи задатак

Пети домаћи задатак
U-Net

Професор:

Проф. др Весна Ранковић

Студент:

Каришић Ђорђе 393/2023

___. ___. 2023.

Садржај

1	Увод	2
2	Елементи U-Net мреже	3
3	Архитектура U-Net мреже	4
4	Примена U-Net мрежа	5
5	Предности и мане	6
6	Закључак	7

1 Увод

Рачунарски вид, као поље дубоког учења представља обраду визуелних информација са циљем екстрактовања разних информација које се јављају у оквиру њих. На основу циља примене метода рачунарског вида, могу се дефинисати више различитих задатака које би неуронске мреже требало да реше:

- **Класификација**

На основу улазних података, на излазу дати нумеричку вредност која симболизује којој класи улазни податак припада.

- **Детекција**

На основу улазних података у формату визуелних информација, на излазу дати исту информацију измењену тако да објекат који је потребно детектовати бива означен.

- **Сегментација**

На основу улазних података у формату визуелних информација, на излазу дати маску чије преклапање преко оригиналног улазног података (слике) резултује прецизним издвајањем региона од интереса.

Као предлог решавања задатака сегментације, предлаже се употреба U-Net мреже. U-Net је мрежа оригинално креирана за сегментацију биомедицинских слика, основана на логици дефинисаној у конволуционим неуронским мрежама.

Данас, примена U-Net мреже се, због високих перформанси и брзине обучавања, може пронаћи у доста различитих грана делатности или науке:

- Аутономна возила - сегментацију може извући информацију о слободном простору на путу
- Дијагностика биомедицинских слика - сегментација може издвојити комплексне региона од интереса.
- Обрада слика са сателита - сегментацијом се могу издвојити информације са слика из сателита, попут зграда, путева, водених тела.
- Контрола квалитета у производњи - сегментацијом се могу извући региони који могу потенцијално указивати на одређене дефекте у производима.

U-Net мрежа, због својих карактеристика налази примену у готово свакој индустрији и грани науке.

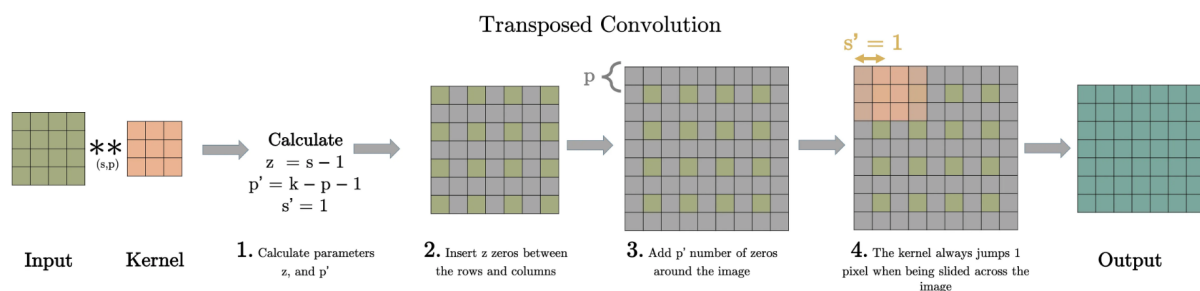
2 Елементи U-Net мреже

Поред основних елемената архитектуре дефинисаних у оквиру конволуционих неуронских мрежа, U-Net у својој архитектури садржи пар додатних елемената који додају нове функционалности и тиме кључно доприносе учинку мреже у задатку сегментације.

- **Слој транспоноване конволуције**

Уз помоћ овог слоја врши се увећавање просторних димензија мапа карактеристика са улаза слоја. На излазу слоја се налази мапа карактеристика већих димензија.

Графички приказ функционисања операције транспоноване конволуције је дат сликом 1.



Слика 1: Транспонована конволуција – приказана графички [1]

На основу слике 1, може се приметити да се, на основу параметара корака померања, величине филтер матрице и допуне нулама генерише излазна мапа карактеристика већих димензија, тако што се z нула додаје између сваког реда и колоне, што увећава димензију мапе на $(2in - 1) \times (2in - 1)$, где је in димензија улазне мапе, након чега се додаје p' нула око слике. Потом, након претходних операција, примењује се стандардна операција конволуције са кораком померања 1, чији резултат се посматра као излазна мапа карактеристика из слоја транспоноване конволуције.

- **Резидуалне или *Skip* везе**

Резидуалне везе у оквиру архитектуре U-Net мреже служе за спајање слојева који резултују мапама карактеристика истих димензија енкодера и декодера. Спајање се врши конкатенацијом (додавањем елемената мапе карактеристика са улаза једног на улаз другог слоја), како би се решио проблем нестајајућег градијента (енг. *Vanishing gradient*).

У веома дубоким неуронским мрежама, у току пропагације уназад, градијент може постати јако мали, што доводи до веома спорог или потпуног престанка обучавања.

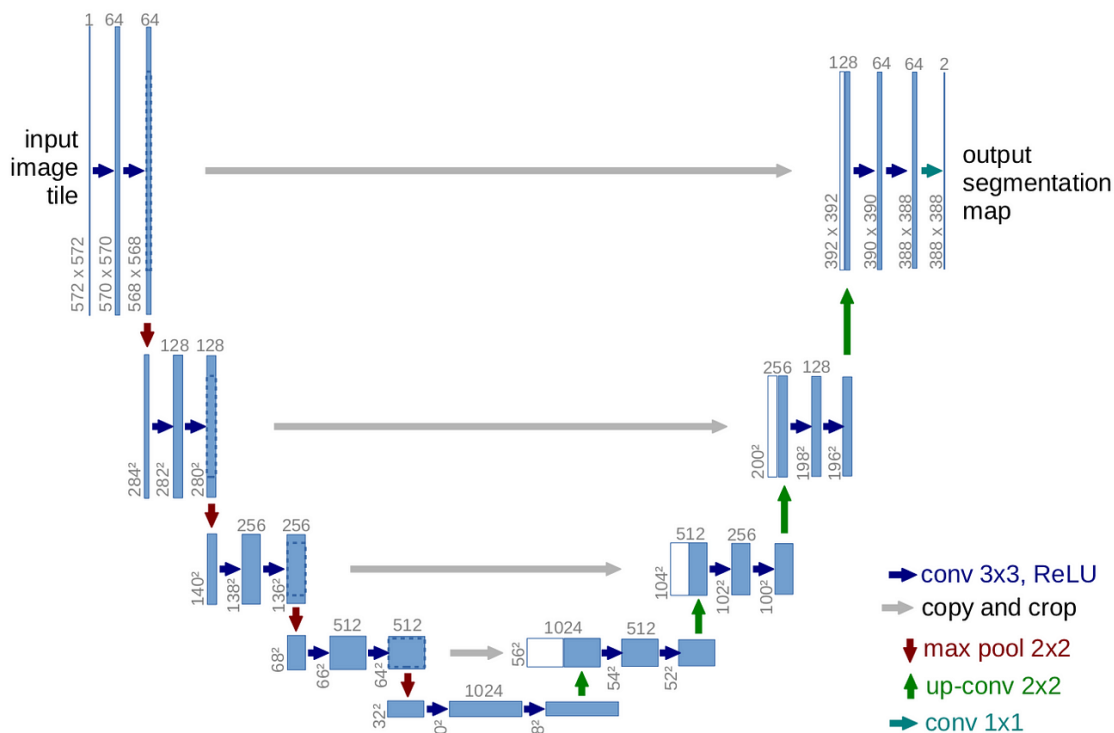
Резидуалне везе омогућавају креирања ‘додатног’ пута за пропагацију података, што дозвољава градијенту да има краћи пут у току пропагације уназад, и тиме избегне проблем нестајајућег градијента.

Такође, постојање ‘додатног’ пута омогућава мрежи да чува податке из почетних слојева и проследи их ка дубљим слојевима.

3 Архитектура U-Net мреже

U-Net мрежа је име добила по карактеристичној архитектури која има облик слова U .

Ова архитектура је специфично развијана за екстракцију и реконструкцију карактеристика, уз помоћу додатних елемената наведених у оквиру претходне секције. Графички приказ архитектуре ове мреже дат је сликом 2.



Слика 2: Архитектура U-Net мреже – приказана графички [2]

Архитектура U-Net мреже се може поделити на два сегмента, чије су функционалности готово инверзне, како би се вршио процес реконструкције карактеристика ради правилне сегментације:

- **Кодер**

1. Редукција димензија улазних података или мапа карактеристика употребом секвенцијално везаних и специфично параметризованих конволуционих слојева и слојева сажимања.
2. Екстракција карактеристика – више нивоа апстракције карактеристика омогућава паралелно изучавање и екстракцију примитивнијих и сложенијих карактеристика.

Редукцијом димензија кодер може потенцијално изгубити неке веома важне информације о детаљима и карактеристикама улазних података, тј. слика које је потребно сегментисати.

- **Декодер**

1. Увећавање димензија улазних података или мапа карактеристика употребом секвенцијално везаних слојева транспоноване конволуције, чији је начин рада дефинисан претходном секцијом.
2. Реконструкција карактеристика – низ везаних слојева транспоноване конволуције, који раде са мапама карактеристика различитих нивоа апстракције за циљ има реконструкцију карактеристика помоћу интерног процеса увећавања димензија, што такође за последицу има реконструкцију информација изгубљених у пропагацији кроз кодер.

Декодер има за циљ реконструкцију визуелне информације оригиналне резолуције (улазних података тј. слика) и генерисање крајњег излаза мреже – маске за сегментацију.

Маска за сегментацију означава просторе на улазним подацима који припадају различитим класама и које је модел идентификовао кроз учење.

Кодер и декодер су међусобно спојени спојени на сваком нивоу апстракције *Skip* везама.

Мапа карактеристика са излаза слоја највеће апстракције кодера се пропушта кроз још један конволуциони блок, чији излаз се прослеђује на улаз првог слоја (слој највеће апстракције) у декодеру.

Са слике 2 се може приметити апсолутна симетрија у димензији података на сваком слоју апстракције у оквиру кодера и декодера.

4 Примена U-Net мрежа

U-Net мрежа налази своју примену у великом броју задатака, од којих су неки:

- **Сегментација медицинских слика**

U-Net мреже се широко примењују у задацима сегментације медицинских слика, као што су снимци са медицинских камера и скенера зато што су веома успешне у препознавању и изоловању различитих структура и детаља на сликама, као што су органи, што је јако важно за дијагностику одређених проблема и планирање терапије.

- **Сегментација људи (људског тела)**

U-Net мреже се могу користити за сегментацију људског тела на видео записима и сликама. Овакво решење може своју примену пронаћи у безбедносним системима, праћењу пацијената или анализи понашања људи.

- **Анализа података са сателита**

U-Net мреже се могу применити за анализу података са сателита, тако што може идентификовати и сегментисати различите објекте и елементе, попут кућа и зграда до водених тела, шума и осталих географских елемената.

- **Контрола квалитета у производњи**

U-Net мреже се могу применити за контролу квалитета у производњи, где је потребно указати на оређене аномалије и дефекте који се потенцијално могу наћи у производима. U-Net мрежа омогућава брз аутоматизовани процес идентификације и сегментације дефеката, што помаже у одржавању високог стандарда квалитета у производњи.

- **Анализа микроскопских слика у биологији**

U-Net мреже се користе за анализу микроскопских слика у биологији или другој сродној грани науке како би се идентификовали и пратили биолошки елементи као што су ћелије и ткива. U-Net мреже омогућавају аутоматску детекцију и сегментацију ћелија и тиме помажу у анализи структура и карактеристика у дететованим ћелијама, што може бити јако корисно у биолошким истраживањима.

Ове примене илуструју универзалност U-Net мрежа и њихову способност за ефикасну сегментацију и анализу слика у различитим областима.

5 Предности и мане

U-Net мрежа представља моћан алат у области сегментације слика, али као и свака технологија, има своје предности и мане.

- **Предности**

1. Ефикасна сегментација објеката

U-Net мреже омогућавају тачну и детаљну идентификацију различитих објеката, што је битно у многим областима науке и привреде.

2. Употреба информација различитих нивоа апстракције

U-Net мрежа омогућава коришћење информација из различитих нивоа апстракције. Ово доприноси бољој репрезентацији улазних података, као и разумевању контекста слике.

3. Добра генерализација

U-Net мреже су показале добре резултате на различитим скуповима података и у различитим доменама. Имплементација ове мреже често води до модела који успешно генерализује над новим, непознатим подацима.

4. Реконструкција изгубљених карактеристика

За разлику од неких других архитектура, U-Net мреже су способне да реконструишу изгубљене карактеристике при увећавању димензија, што је врло битно за примену у пољима где је потребно обратити пажњу на детаље.

5. Флексибилност и применљивост

U-Net мреже могу се применити у различитим областима, укључујући медицину, биологију, рачунарски вид, обраду снимака, и још много тога. Ова флексибилност чини их корисним инструментом у различитим доменама.

- Мане

1. Захтевност за ресурсима

Имплементација U-Net мрежа може захтевати значајне ресурсе, посебно ако су мреже дубоке и велике. Обука и коришћење оваквих модела може бити изазовно на рачунарима са ограниченим капацитетом.

2. Употребљиве искључиво у сегментацији

Иако су изузетне за сегментацију слика, U-Net мреже нису најбољи избор за све типове задатака. За одређене проблеме, постоје архитектуре које се боље сналазе.

3. Осетљивост на улазне податке

Попут сваке неуронске мреже, U-Net мреже су такође осетљиве на квалитет улазних података. Уколико су улазни подаци подложни шуму или ниској резолуцији, резултати мреже постају знатно слабији.

4. Претренирање

U-Net мреже могу бити склоне претренирању уколико нису добро дефинисане.

5. Интерпретација модела

Иако су U-Net мреже врло ефикасне и прецизне у задацима сегментације, интерпретација шта тачно модел ради на сваком нивоу апстракције може представљати проблем. Овај проблем је генерални проблем у пољу вештачке интелигенције.

6 Закључак

U-Net мреже представљају значајан напредак у области рачунарског вида и сегментације слика. Са својим карактеристичним дизајном, омогућавају ефикасну и прецизну идентификацију објеката са слика, што је неопходно у многим областима, укључујући медицину, биологију и обраду снимака.

Предности U-Net мрежа обухватају њихову способност за ефикасну сегментацију, коришћење информација из различитих нивоа апстракције, добру генерализацију, реконструкцију изгубљених детаља, и флексибилност за примену у различитим областима.

Поред претходних ставки, важно је узети у обзир и изазове које примена ове мреже носи са собом.

U-Net мреже могу захтевати значајну количину ресурса, њихова ефикасност може бити доста осетљива на квалитет улазних података и могу бити склоне претренирању. Такође, постоје и ситуације у којима постоје боље архитектуре за одређене задатке.

U-Net мреже су моћан алат, али њихова употреба треба бити пажљиво разматрана у контексту конкретних задатака и услова. Настанак ове мреже омогућио је основу даљег истраживања и унапређивања поља рачунарског вида и обраде слика. Ова мрежа има многобројне могућности за примену у различитим областима науке и индустрије, као и све мреже које су настале као унапређења ње.

Литература

- [1] Aqeel Anwar. *What is Transposed Convolutional Layer?* URL: <https://towardsdatascience.com/what-is-transposed-convolutional-layer-40e5e6e31c11>.
- [2] Harshall Lamba. *Understanding Semantic Segmentation with UNET*. URL: <https://towardsdatascience.com/understanding-semantic-segmentation-with-unet-6be4f42d4b47>.