# Апликација за аутоматско препознавање болести лишћа

**Координатор научног истраживања: Срђан Сладојевић**

**Одговорно лице: Срђан Сладојевић**

**Аутори: Срђан Сладојевић, Марко Арсеновић, Андраш Андерла, Дубравко Ћулибрк, Дарко Стефановић и Милан Мирковић**

**Развијано: У оквиру научног истраживања чији су резултати објављени у часопису "Computational Intelligence and Neuroscience" у CC и SCI, категорије M23**

**Година: 2016**

**Имплементирано: 20.01.2016.**

## Кратак опис

Последња генерација CNN-а (Convolutional Neural Network) је постигла значајне резултате на пољу класификације слика. Креирана је апликација за паметни мобилни телефон са Андроид оперативним системом која врши аутоматско препознавање болести лишћа. Представљен је нови приступ у развоју препознавања болести на разним биљкама, заснован на класификацији слика биљака. Овај развој заснован је на већ споменутом CNN -у. Модел је способан да разликује оболели лист биљке од здравог листа и препозна до 13 различитих болести, ако је у питању оболели лист. Поред тога, овај модел разликује листове од окружења у којем се усликана биљка налази. На самом почетку развоја ове технологије било је потребно сакупити велики број слика листова разних оболелих биљки како би се креирала база података, а за скенирање неуронске мреже биљака користи се *Caffe Framework*, који је развио *Berkley Vision and Learning Centre*. Добијени резултати су позитивни, и крећу се од 91% до 98% позитивно детектованих болести код сликаних биљака.

## Техничке карактеристике

Андроид апликација нуди могућност детекције и правовремене превенције појављивања болести код разних врста усева и биљака. На основу детекције нуронске мреже на листу усликаних усева и биљака апликација врши упоређивање са бројним сликама различитих болести које се налазе у бази и проналази резултат на основу подударања фотографије и слике у бази. Након подударања, апликација враћа кориснику резултат у виду болести биљке и препорученог лека.

## Техничке могућности

Техничке могућности ове апликације су детекција болести на биљкама, на основу слика, користећи Андроид апликацију и превенција даљег ширења болести. На серверу се бележи и геолокација одакле је послата слика, те се на тај начин може идентификовати које болести се

најчешће јављају у којим регијама. Један од крајњих циљева ове апликације јесте заштита усева од потенцијалних болести, које би као резултат имале пропадање усева и финансијске губитке у пољопривредном сектору.

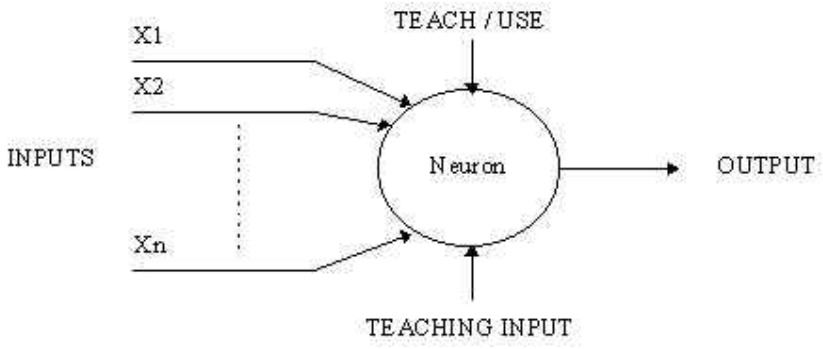
**Извршиоци: ФТН, Нови Сад**

**Корисници: Панонит ДОО, Нови Сад**

**Подтип решења: Битно побољшан постојећи производ или технологија (M84)**

## Стање у свету

Главни проблем код одржавања здравља биљака јесу нагле климатске промене и разни проблеми одрживе агрикултуре. Још један од великих проблема јесте да се данас разне болести биљака веома лако преносе са једне стране света на другу, тако да долази до појаве нових болести у земљама које се нису суочиле са таквом болести и немају развијене мере превентиве против новонасталих болести које нападају њихове биљке. Да би се спречили велики финансијски губици кључно је да се болести детектују са великом прецизношћу и у што ранијој фази. Превентивним лечењем добијају се разултати у виду да биљка развија већу отпорност на патогене као и отпорност на климатске промене. За разлику од неких болести које су очите и лако се запазе на самом листу биљке постоји велик број болести које нису видљиве голим оком и захтевају анализу саме неуронске мреже биљке како би се болест потврдила и започело са превентивним лечењем биљке. Напредак у "рачунарској визији" представља прилику за побољшаном заштитом и превенцијом настанка болести код биљака као и све већом употребом рачунарских апликација у агрикултури. Код детектовања болести биљака користи се *Artifical Neural Network* (ANN). ANN јес парадигма за обраду података која се заснива на начину како биолошки нервни систем, као на пример мозак, обрађује податке и састоји се од великог броја неурона која раде заједно на проналажењу решења за решавање специфичних проблема. За прецизнију детекцију болести коришћена је неуронска мрежа која поседује изузетну способност да извуче садржај из сложених и несавршених података. Неуронске мреже се могу применити и код откривања трендова који се тешко примећују од стране људи и других рачунарских техника. Остале предности ANN-а су: прилагодљиво учење, самоорганизација и операције у реалном времену.



**Слика 1. Пример модела неуронске мреже**

Када је реч о архитектури тада постоје две главне категорије ANN-а, *Feed-forward* ANN где излаз било којег слоја не утиче на тај исти слој и *Feedback* ANN где сигнали путују у оба смера уз помоћ петљи у мрежи. Описани метод је нови метод који се користи за детектовање болести код биљака који се ослања на једноставност разликовања болесних од здравих листова и биљке од њеног окружења користећи CNN.

## Дизајн

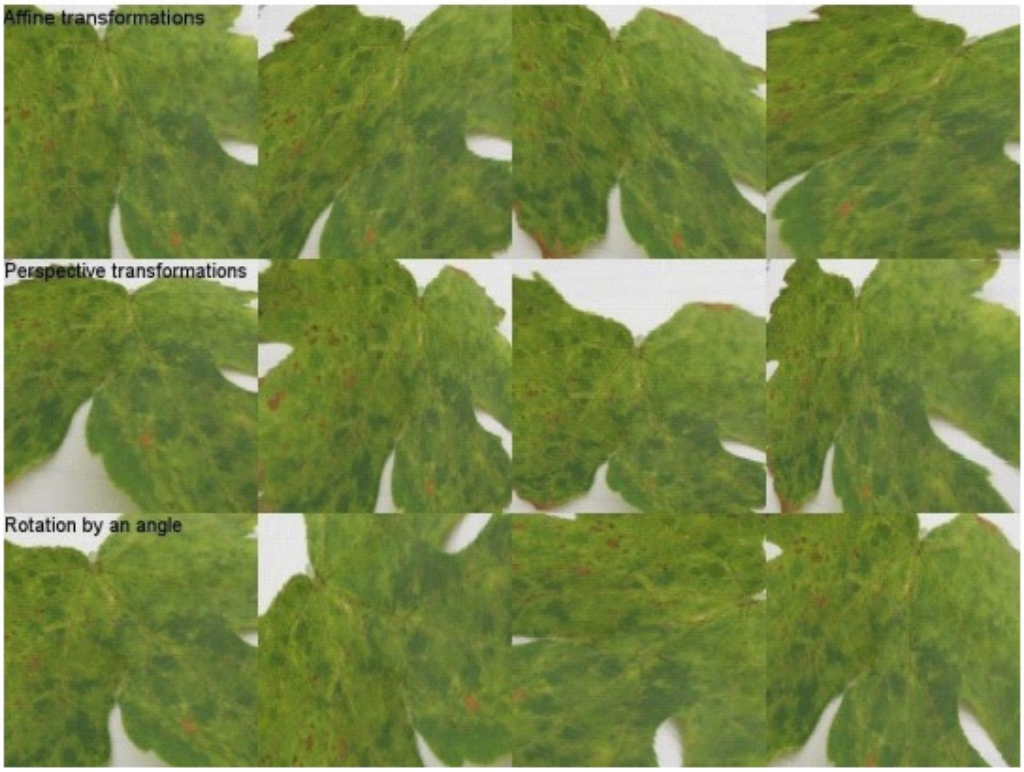
У свим фазама истраживања препознавања објеката потребни су одговарајући сетови података почевши од саме тренинга фазе за процену перформанси алгоритама за препознавање. Слике болесних и здравих листова различитих биљака преузете су са Интернета, на различитим локацијама и претрага је вршена на више различитих језика (Српски, Хрватски, Латински, Немачки, Мађарски). Прикупљене слике подељене су у 15 класа, у 13 класа се налазе слике са болесним листовима на којима се болести могу и визуелно утврдити. Како би се разликовали здрави од болесних листова додата је још једна класа која садржи само здраве листове и како би се разликовале биљке од окружења додата је једна класа у којој се налазе само слике окружења како би се неуронска мрежа истренирала да што боље разликује листове биљака од окружења у којима се биљке налазе. Слике окружења преузете су са Стенфордског скупа података окружења. Све дупликатске слике су отклоњене од стране људских стручњака. Свака класа поседује различит број слика, како би се постигла равнотежа броја слика у класама, процес аугментације је извршен над сваком од класа. На самом крају у бази се налази 30880 слика за тренинг и 2589 слика за верификацију. Следећа табела приказује све подржане болести као и број оригиналних слика заједно са бројем аугментованих слика за сваку класу која ја кориштена за тренинг или валидацију.

| | Class | Number of original images | Total number of images: original and augmented | Number of images from the dataset used for validation |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Healthy leaf | 565 | 4523 | 331 |
| 2. | Pear, Cherry, Peach - porosity | 265 | 2124 | 152 |
| 3. | Peach - Powdery mildew | 108 | 1296 | 90 |
| 4. | Peach - Taphrina deformans | 152 | 1552 | 156 |
| 5. | Apple, Pair -Erwinia Amylovora | 232 | 2368 | 205 |
| 6. | Apple, Pair – Venturia | 183 | 2200 | 151 |
| 7. | Apple - Powdery mildew | 120 | 1440 | 118 |
| 8. | Apple – Rust | 163 | 1960 | 163 |
| 9. | Pair - Gymnosporangium sabinae | 267 | 2142 | 185 |
| 10. | Pair - Gray leaf spot | 122 | 1464 | 198 |
| 11. | Grapevine – Wilt | 287 | 2300 | 114 |
| 12. | Grapevine – Mites | 250 | 2000 | 230 |
| 13. | Grapevine - Powdery mildew | 237 | 1900 | 183 |
| 14. | Grapevine - Downy mildew | 297 | 2376 | 201 |
| 15. | Background images | 1235 | 1235 | 112 |
| | | **4483** | **30880** | **2589** |

**Табела 1. Табела са бројем болести и бројем слика**

Сам процес аугментације укључује неколико техника трансформације, као што су персепктивна трансформација и ротирање слике. Да би се пронашла матрица трансформације три тачке из оригиналне слике су потребне као и њихове подударајуће локације на добијеној слици. За

перспективну трансформацију потребна је матрица димензија 3x3. Праве линије остају праве и након извршене трансформације. За аугментацију кориштена је ротација слика под различитим угловима. Различити начини трансфорамција кориштени су за различите класе и као резултат добијен је и различит број слика. Резултати примене различитих начина трансформације приказани су на следећој слици.



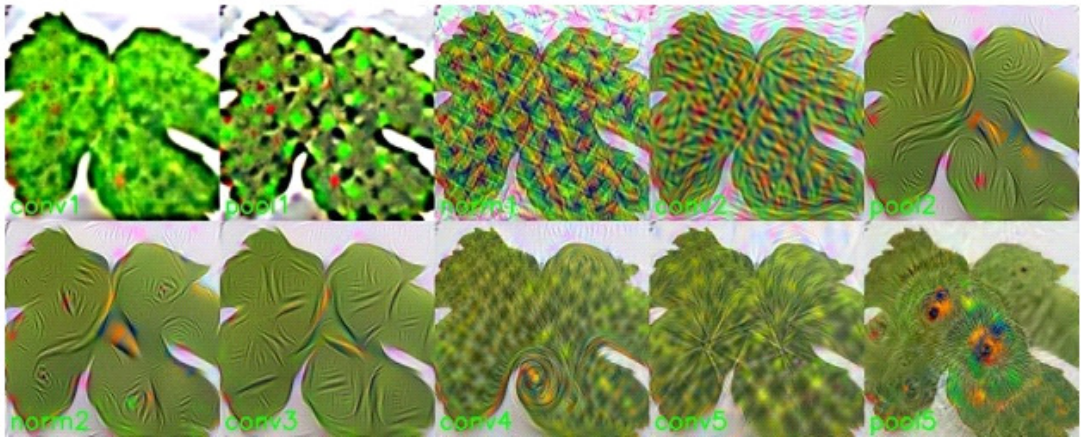

**Слика 2. Слике добијене процесом аугментације**

Како би се поступак аугментације слика аутоматизовао, развијена је апликација у *C++* користећи *OpenCV* библиотеку са могућношћу мењања параметара трансформације у току извођења што певећава флексибилност. Како би се добио модел за класификацију слика кориштена је дубока неуронска мрежа. Постоји неколико познатих фрејмворка за дубоке неуронске мреже, као што је *Python* библиотека *Theano*, већ споменути *Caffe* и фрејмворк отвореног приступа развијен од стране BLVC који има референцу на *CaffeNet* модел. За сврху овога истраживања користио се овај фрејмворк који је развијен у *C++* и пружа могућност рада са командне линије, *Python* и Матлаб интерфејс. *CaffeNet* архитектура се користи као полазна тачка, али је модификована и прилагођена да подржи наших 15 класа. Конволуциони слој је битан саставни блок конволуционе неуронске мреже. Сваки конволуциони слој поседује *M* мапа једнаких величина $Mx$, $My$ и зрно величине $Kx$,$Ky$ које је премештено преко одређеног подручја улазне слике. Фактори прескакања $Sx$ и $Sy$ дефинишу колико пиксела филтер прескаче у *x* и *y* смеру. Величина излазне мапе може се дефинисати као:

$$M_x^n = \frac{M_x^{n-1} - K_x^n}{S_x^n + 1} + 1 \qquad (1)$$

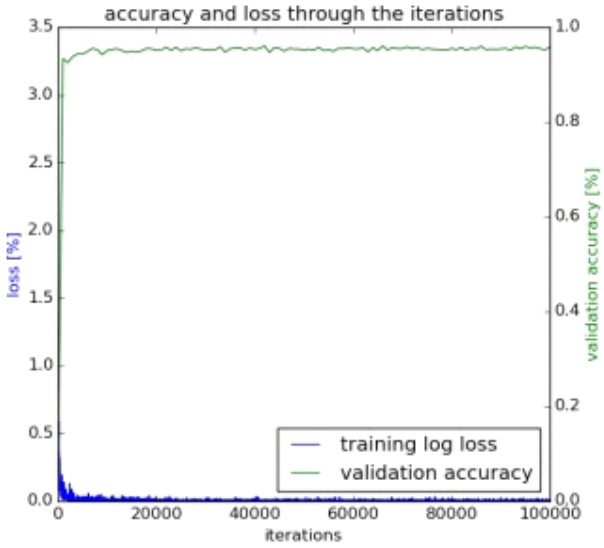
$$M_y^n = \frac{M_y^{n-1} - K_y^n}{S_y^n + 1} + 1 \qquad (2)$$

Још један од слојева CNN-а је слој уједињавања. Примена овога слоја повећава време тренинга мреже за 2-3 пута у односу на стандардне неуронске мреже.  Следећа слика приказује филтриране излазне слике након сваког конволуционог слоја и слоја уједињавања дубоке мреже. Излазне слике су означене са ознаком слоја у доњем левом углу сваке слике.



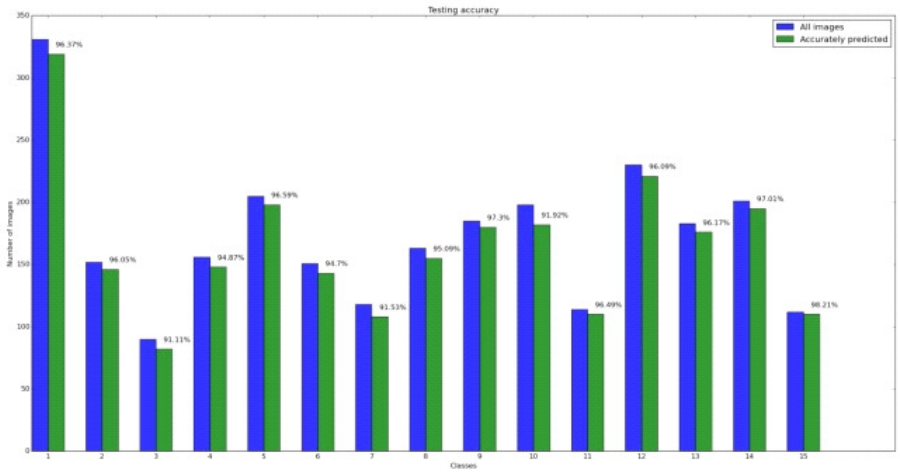

**Слика 3.Слике излазних слојева**

Како је познато да конволуционе мреже могу научити карактеристике када се тренирају над већим скуповима података, резултати тренирања са оригиналним сликама нису истражени. Чак и након стоте итерације тренинга постигнути су позитивни резултати са прецизношћу од око 95,8%. Зелена линија на графикону представља успех мреже на тесту валидације, кроз итерације тренинга. Након сваке 10 000-ите тренинг итерације добијен је приказ модела. Плава линија на графикону представља губитке кроз итерације тренинга. Кроз итерације губици су драстично смањени.




**Слика 4. Резултат прецизности**

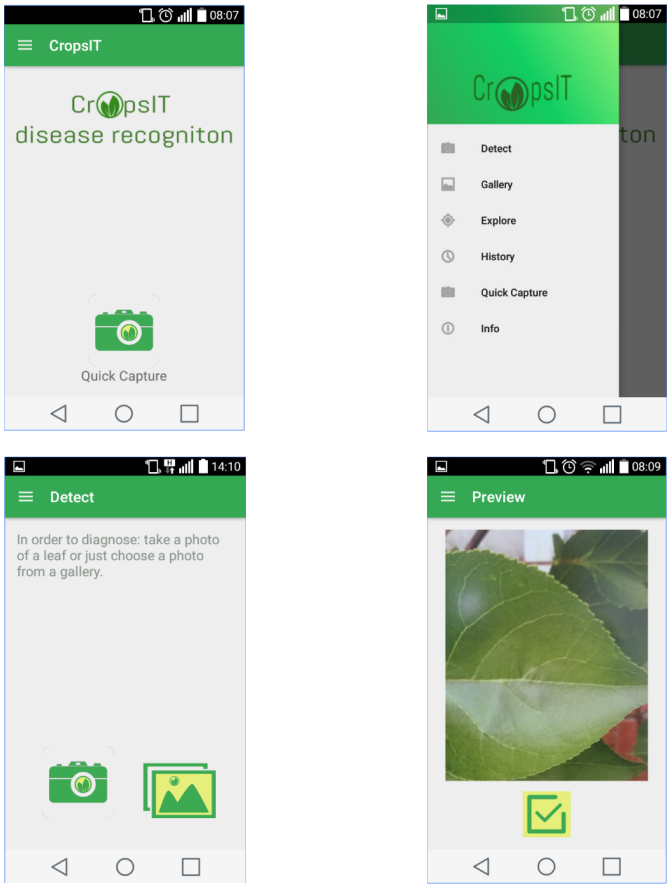
Тренинрани модел је тестиран на свакој класи појединачно. Тест је примењен на свакој слици из валидационог скупа. Резултати су приказани на тај начин да нагласе колико слика од укупно сваке класе је прецизно предвиђено. Резултати су приказани на следећој слици.




**Слика 5. Тачност предвиђања за сваку класу појединачно**

Из горе приказане слике може се закључити да је тренирани модел мало мање прецизан за класе које у себи имају мањи број слика.

Кориснички интерфејс развијене Андроид апликације је приказан на слици 6.




**Слика 6. Кориснички интерфејс апликације CropsIT**

## Примена

Препознавање болести биљака на основу тренирања дубоких неуронских мрежа дало је добре резултате. Болести су детектоване и класификоване са великом прецизношћу. Ово истраживање показало је да се апликација која детектује болести код биљака може употребити у агрикултури за спречавање финансијских губитака као и за спречавање појаве нових болести у разним деловима света.

## Техничке карактеристике

- Омогућава детектовање болести код биљака
- CNN- конволуционе неуронске мреже
- ANN - вештачке неуронске мреже

УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија
Деканат: 021 6350-413; 021 450-810; Централа: 021 485 2000
Рачуноводство: 021 458-220; Студентска служба: 021 6350-763
Телефакс: 021 458-133; e-mail: ftndean@uns.ac.rs

ИНТЕГРИСАНИ СИСТЕМ МЕНАЏМЕНТА СЕРТИФИКОВАН ОД:
TÜV NORD ISO 9001
TÜV NORD ISO 14001
TÜV NORD OHSAS 18001

Наш број:
Ваш број:
Датум: 2016-05-06

## ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научног већа Факултета техничких наука у Новом Саду, на 14. редовној седници одржаној дана 27.04.2016. године, донело је следећу одлуку:

*-непотребно изостављено-*

***Тачка 12.1. Верификација нових техничких решења и именовање рецензената***

***Тачка 12.1.3: У циљу верификације новог техничког решења усвајају се рецензенти:***

- Доц. др Александар Ракић, Електротехнички факултет, Београд;
- Доц. др Небојша Дедовић, Пољопривредни факултет, Нови Сад.

Назив техничког решења:

***"АПЛИКАЦИЈА ЗА АУТОМАТСКО ПРЕПОЗНАВАЊЕ БОЛЕСТИ ЛИШЋА"***

Аутори техничког решења: Срђан Сладојевић, Марко Арсеновић, Андраш Андерла, Дубравко Ћулибрк, Дарко Стефановић и Милан Мирковић.

*-непотребно изостављено-*

| Записник водила: | Тачност података оверава: Секретар | Декан |
|---|---|---|
| Јасмина Димић, дипл. правник | Иван Нешковић, дипл. правник | Проф. др Раде Дорословачки |

**Наставно научном већу Департмана за Индустријско инжењерство и менаџмент Факултета техничких наука у Новом Саду и Наставно научном већу Факултета техничких наука у Новом Саду**

**Предмет:** Мишљење о испуњености критеријума за признање техничког решења

У складу са одредбама Правилника о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача, које је донео Национални савет за научни и технолошки развој Републике Србије («Службени гласник РС», бр. 38/2008) и на предлог Наставно научног већа Департмана за Индустријско инжењерство и менаџмент Факултета техничких наука у Новом Саду као рецензент у комисији за проверу испуњености услова за признавање својства техничког решења дајем **позитивно мишљење** следећем резултату научноистраживачког рада:

**Назив: АПЛИКАЦИЈА ЗА АУТОМАТСКО ПРЕПОЗНАВАЊЕ БОЛЕСТИ ЛИШЋА**

Техничко решење је реализовано у оквиру истраживања чији су резултати објављени у часопису "Computational Intelligence and Neuroscience" индексираном у CC и SCI, категорије M23.

**Аутори:** Срђан Сладојевић (Факултет техничких наука (ФТН)), Марко Арсеновић (ФТН), Андраш Андерла (ФТН), Дубравко Ћулибрк (ФТН), Дарко Стефановић (ФТН), Милан Мирковић (ФТН).

**Категорија техничког решења: M(84)** Битно побољшан постојећи производ или технологија

## ОБРАЗЛОЖЕЊЕ

На основу увида у документацију и прегледа техничког решења утврђено је следеће:

- Техничко решење је урађено за компанију Панонит ДОО Нови Сад.
- Корисник техничког решења је компанија Панонит ДОО Нови Сад.
- Техничко решење је урађено у 2016. години.
- Решење је прихватило и примењује компанија Панонит ДОО из Новог Сада.
- Резултати су верификовани на следећи начин, тј. од стране следећих тела: Верификација техничког решења је урађена прегледом техничког решења и увидом у пратећу документацију од стране Комисије за проверу испуњености услова за признавање својства техничког решења и корисника (компаније Панонит ДОО Нови Сад). Наставно научно веће Факултета техничких наука у Новом Саду и корисник решења верификовали су техничко решење.
- Предложено техничко решење се користи за аутоматско препознавање болести биљака које се манифестију променама на лишћу коришћењем дубоких неуронских мрежа.
- Област на коју се техничко решење односи су техничко-технолошке науке.
- Проблем који се техничким решењем решава: Рачунарска апликација која омогућава аутоматску детекцију болести биљака евидентирањем промена на лишћу биљке.

- Опис система: Апликација за аутоматску детекцију болести лишћа базирана је на коришћењу дубоких неуронских мрежа и развијена је за паметни мобилни телефон са Андроид оперативним системом. Након фотографисања листа помоћу камере мобилног телефона, слика се шаље на удаљени сервер где се врши препознавање болести лишћа коришћењем дубоке неуронске мреже. У кратком року корисник добија резултат препознавања болести биљке на свом мобилном телефону. Поред детектоване болести, кориснику се приказују и препоручене методе за лечење болести.
- Техничке карактеристике система: За реализацију овог система развијена је апликација за паметни мобилни телефон са Андроид оперативним системом. Сервер прима слику која је послата од стране апликације и на њему се врши препознавање болести лишћа биљке. Поред препознавања болести помоћу дубоке неуронске мреже.

**На основу свега наведеног мишљења сам да резултат научноистраживачког рада под називом: "Апликација за аутоматско препознавање болести лишћа" представља резултат који испуњава услове за признавање својства техничког решења.**

Рецензент:

доц. др Небојша Дедовић

(Пољопривредни факкултет, Нови Сад)

Датум: 14.06.2016.

**Наставно научном већу Департмана за Индустријско инжењерство и менаџмент Факултета техничких наука у Новом Саду и Наставно научном већу Факултета техничких наука у Новом Саду**

**Предмет:** Мишљење о испуњености критеријума за признање техничког решења

У складу са одредбама Правилника о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача, које је донео Национални савет за научни и технолошки развој Републике Србије («Службени гласник РС», бр. 38/2008) и на предлог Наставно научног већа Департмана за Индустријско инжењерство и менаџмент Факултета техничких наука у Новом Саду као рецензент у комисији за проверу испуњености услова за признавање својства техничког решења дајем **позитивно мишљење** следећем резултату научноистраживачког рада:

**Назив: АПЛИКАЦИЈА ЗА АУТОМАТСКО ПРЕПОЗНАВАЊЕ БОЛЕСТИ ЛИШЋА**

Техничко решење је реализовано у оквиру истраживања чији су резултати објављени у часопису "Computational Intelligence and Neuroscience" индексираном у CC и SCI, категорије М23.

**Аутори:** Срђан Сладојевић (Факултет техничких наука (ФТН)), Марко Арсеновић (ФТН), Андраш Андерла (ФТН), Дубравко Ћулибрк (ФТН), Дарко Стефановић (ФТН), Милан Мирковић (ФТН).

**Категорија техничког решења: М(84)** Битно побољшан постојећи производ или технологија

## ОБРАЗЛОЖЕЊЕ

На основу увида у документацију и прегледа техничког решења утврђено је следеће:

- Техничко решење је урађено за предузеће Панонит ДОО Нови Сад
- Корисник решења је Панонит ДОО Нови Сад
- Решење је урађено 2016. године
- Решење је прихватило и примењује Панонит ДОО Нови Сад
- Резултати су верификовани на следећи начин, тј. од стране следећих тела: Верификација решења је урађена прегледом техничког решења и увидом у документацију од стране Комисије за проверу испуњености услова за признавање својства техничког решења и корисника. Наставно научно веће Факултета техничких наука у Новом Саду и корисник решења верификовали су техничко решење
- Предложено решење се користи за аутоматско препознавање болести лишћа коришћењем дубоких неуронских мрежа
- Област на коју се техничко решење односи су техничко-технолошке науке
- Проблем који се техничким решењем решава: Апликација омогућава аутоматску детекцију болести лишћа.

- Опис система: Апликација за аутоматску детекцију болести лишћа базирана је коришћењу дубоких неуронских мрежа и развијена је за паметни мобилни телефон са Андроид оперативним системом. Након фотографисања листа помоћу камере мобилног телефона, слика се шаље на удаљени сервер где се врши препознавање болести лишћа коришћењем дубоке неуронске мреже. У року од неколико секунди корисник добија резултат препознавања болести на свом мобилном телефону. Поред детектоване болести, кориснику се приказују и методе за лечење болести.
- Техничке карактеристике система: За реализацију овог система развијена је апликација за паметни мобилни телефон са Андроид оперативним системом. Сервер прима слику која је послата од стране апликације и на њему се врши препознавање болести лишћа. Поред препознавања болести помоћу дубоке неуронске мреже, на серверу се складишти и геолокација одакле је послата слика, тако да се на тај начин формира база података из које је могуће видети које се најчешће болести јављају у којим регијама.

**На основу свега наведеног мишљења сам да резултат научноистраживачког рада под називом: "Апликација за аутоматско препознавање болести лишћа" представља резултат који испуњава услове за признавање својства техничког решења.**

Рецензент:

доц. др Александар Ракић

(Електротехнички факкултет, Београд)

Датум: 09.06.2016.

УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија
Деканат: 021 6350-413; 021 450-810; Централа: 021 485 2000
Рачуноводство: 021 458-220; Студентска служба: 021 6350-763
Телефакс: 021 458-133; e-mail: ftndean@uns.ac.rs

ИНТЕГРИСАНИ СИСТЕМ МЕНАЏМЕНТА СЕРТИФИКОВАН ОД:
TÜV NORD ISO 9001 TÜV NORD ISO 14001 TÜV NORD OHSAS 18001

Наш број: 01.сл
Ваш број:
Датум: 2016-06-23

# ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научно веће Факултета техничких наука у Новом Саду, на 17. редовној седници одржаној дана 29.06.2016. године, донело је следећу одлуку:

***-непотребно изостављено-***

***ТАЧКА 15. Питања научноистраживачког рада и међународне сарадње***

Тачка 15.1.: На основу позитивног извештаја рецензената верификује се техничко решење (М84) под називом:

***"АПЛИКАЦИЈА ЗА АУТОМАТСКО ПРЕПОЗНАВАЊЕ БОЛЕСТИ ЛИШЋА"***

Аутори техничког решења: Срђан Сладојевић, Марко Арсеновић, Андраш Андерла, Дубравко Ћулибрк, Дарко Стефановић и Милан Мирковић.

***-непотребно изостављено-***

| Записник водила: | Тачност података оверава: Секретар | Декан |
|---|---|---|
| Јасмина Димић, дипл. правник | Иван Нешковић, дипл. правник | Проф. др Раде Дорословачки |