

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ



Никола Димић

АУТОМАТСТКО ТЕСТИРАЊЕ
МИКРОСЕРВИСНИХ АПЛИКАЦИЈА

мастер рад

Београд, 2022.

Ментор:

др. Милена ВУЈОШЕВИЋ ЈАНИЧИЋ, ванредни професор
Универзитет у Београду, Математички факултет

Чланови комисије:

др. Саша МАЛКОВ, ванредни професор
Универзитет у Београду, Математички факултет

др. Филип МАРИЋ, ванредни професор
Универзитет у Београду, Математички факултет

Датум одбране: 00. септембар 2022.

Мами, пати и геги

Наслов мастер рада: Аутоматстко тестирање микросервисних апликација

Резиме:

Кључне речи: анализа, геометрија, алгебра, логика, рачунарство, астрономија

Садржај

1	Увод	1
1.1	Примери коришћења класичних L ^A T _E X елемената	1
2	Микросервисна архитектура	3
3	Аутоматско тестирање софтвера	4
4	Имплементација и тестирање <i>Gelos</i> апликације	5
4.1	Кратак преглед коришћених технологија	5
4.2	Архитектура и дизајн апликације	10
4.3	Аутоматско тестирање апликације	15
5	Закључак	16
	Библиографија	17

Глава 1

Увод

1.1 Примери коришћења класичних L^AT_EX елемената

Ово је реченица у којој се јавља цитат [14]. Још један цитат [7]. Испробавамо наводнике: „Рекао је да му се јавимо сутра”. У табели 1.1 која следи приказани су резултати експеримента. Ovo je primer rečenice ispisane latiničkim pismom u okviru ćirilčkog dokumenta. У овој реченици се налази једна геџ написана латиницом. Иза ове реченице следи фуснота.¹ Сајт математичког факултета је <http://www.matf.bg.ac.rs>.

Ovo je malo duži blok teksta isписан latiničkim pismom u okviru ćirilčkog dokumenta. Fiјуče vetar u šiblju, ledi pasaže i kuće iza njih i gundа u odžacima.

Ево и један пример математичке формуле: $e^{i\pi} + 1 = 0$. На слици 1.1 приказан је један графикон.

$$\int_a^b f(x) \, dx =_{def} \lim_{\max \Delta x_k \rightarrow 0} \sum_{k=1}^n f(x_k^*) \Delta x_k$$

Више детаља биће дато у глави 2 на страни 3.

¹Ово је фуснота.

Табела 1.1: Резултати

1	2	3
4	5	6
7	8	8



Слика 1.1: Графикон

У тезу можемо убацити и програмски код.

Ovo je doslovni tekst.

Овај С програм се може превести помоћу преводиоца GCC.
Можемо правити и набрајања:

1. Анализа 1
2. Линеарна алгебра
3. Аналитичка геометрија
4. Основи програмирања

Глава 2

Микросервисна архитектура

Усложњавањем проблема који се решавају софтверским решењима расте и комплексност апликације која тај проблем решава. Као и многи комплексни математички проблеми, комплексност у софтверским решењима превазилази се разбијањем домена проблема у више поддомена.

При коришћењу монолитне архитектуре проблем комплексности решења решава се техникама које теже ка што већој кохезивности кода. Кохезивност кода представља идеју груписања модула сличних функционалности заједно. Микросервисна архитектура такође почива на овом принципу, где је циљ комплетно раздвајање делова система уз јасно дефинисане границе. Микросервисна архитектура представља архитектурални стил који структурира систем као скуп малих сервиса који су минимално спрегнути, оријентисани ка специфичном домену, и лаки за интеграцију и одржавање.

Услед повећања нивоа захтева који се постављају при развоју софтвера, и учесталих унапређења технологија, за брзим развојем као и идејама које доноси агилни развој софтвера попут континуиране испоруке

Глава 3

Аутоматско тестирање софтвера

Глава 4

Имплементација и тестирање *Gelos* апликације

Практични део рада представља имплементацију микросервисне апликације, као и система за тестирање те апликације. Циљ апликације је претраживање и помоћ при избору филма односно књиге за читање. Посебна пажња при изради апликације посвећена је системима за тестирање апликације како на јединичном, тако и на интеграционом и системском нивоу. Архитектурално решење за сваки део овог система је обрађен у склопу овог поглавља.

4.1 Кратак преглед коришћених технологија

За израду микросервиса коришћен је развојни оквир *Express.js* [18] писан за извршно окружење *Node.js* [6]. За складиштење података коришћен је систем за управљање базом података *SQLite* [16] у комбинацији са алатом за објектно-релационо мапирање *Sequelize* [4].

За израду клијентске апликације коришћена је библиотека *React* [15]. За стилизовање корисничког интерфејса коришћен развојни оквир *Tailwind* [9].

За израду оквира за интеграционо и функционално тестирање система коришћен је развојни оквир *Playwright* [11] док је за генерисање лажних података за тестирање коришћена библиотека *MSW* (енг. *Mock Service Worker*) [25]. У склопу израде компонентних и јединичних тестова коришћена је библиотека *React Testing Library* [5] у комбинацији са *Jest* [20] развојним оквиrom.

Окружење *Node.js*

Node.js представља извршно окружење који омогућава извршавање *JavaScript* кода ван оквира претраживача односно на самом северу. Могућност да се и клијентска и серверска страна апликације пишу истим програмским језиком и самим тим убрза процес развоја апликације, допринела је великој популарности језика. Ипак, главну особину овог развојног оквира представља могућност да извршава неблокирајући, асинхрон код и тако елиминише потребу за чекањем [24].

У склопу овог пројекта коришћен је и *npm* (енг. *node package manager*) који омогућава једноставну контролу инсталација и верзија коришћених библиотека [13]. Како се пројекат састоји из више независних целина коришћена је „*monorepo*” стратегија за контролу верзија. Ова стратегија омогућава да се из изворне датотеке покрећу различити делови система [12].

Развојни оквир *Express.js*

Инспирисан развојним оквиром *Sinatra*, *Express.js* се одликује својом једноставношћу, уз могућност да кроз различите библиотеке испуни специфичне захтеве апликације. *Express.js* пружа минималан скуп функционалности које омогућавају једноставну обраду *HTTP* захтева, рутирање и интеграцију са системом за управљање базама података [18].

Како *Express.js* представља веома ниску апстракцију *HTTP* протокола, има врло добре перформансе, па је због те особине и своје једноставности постао стандардан алат за креирање веб сервера и програмских интерфејса апликације унутар *Node.js* окружења [3].

Систем за управљање базама података *SQLite* и *Sequelize*

SQLite је систем за управљање базама података заснован на програмском језику *C*. Дизајниран је тако да буде стабилан, брз и компатибилан са различитим платформама. Насупрот другим *SQL* системима за управљање базама података, нема засебан серверски процес већ компетну базу података чува унутар једне датотеке [16, 23]

Објектно-релационо мапирање представља технику која омогућава да се подацима из базе података приступа користећи парадигму објектно оријентисаног програмирања. Ова техника омогућава да се подацима приступа кроз објекте односно методе тих објеката па се компликовани *SQL* упити апстрахују у интуитивне позиве функција. У потпуности се елиминише потреба за употребом *SQL* језика па то додатно убрзава процес развоја софтвера [10]. *Sequelize* је библиотека за објектно релационо мапирање која је базирана на технологији *Node.js* и подржава велики број система за управљање базама података попут *Postgres*, *MySQL*, *MariaDB*, *Microsoft SQL Server* и *SQLite* [4].

React библиотека

React библиотека представља једну од најпопуларнијих *JavaScript* библиотека за израду корисничког интерфејса. Почива на идеји да се свака апликација састоји од скупа компоненти које представљају енкапсулиране целине. Свака компонента представља вид шаблона па може употребити више пута са различитим параметрима што смањује редундатност написаног кода. Како су компоненте јединичне целине оне у себи садрже и приказ саме компоненте у виду *HTML* елемената и *CSS* правила, као и начин на који се те компоненте мењају, у виду *JavaScript* кода [15].

React прави виртуелно *DOM* (енг. *Document Object Model*) стабло које је ажурира право *DOM* стабло само за компоненте које су промењене при некој акцији на корисничком интерфејсу. Ово омогућава да се промене дешавају брже и без ажурирања целе веб странице што омогућава креирање такозваних једностраничних апликација [15].

Сама библиотека имплементира само основне функционалности потребне за креирање корисничког интерфејса док се за функционалности попут рутирања морају инсталирати додатне библиотеке. Једна од таквих је *React router* библиотека која је коришћена у склопу овог пројекта [17].

Tailwind

Стилизовање модерних веб страница које се приказују другачије у односу на величину екрана уређаја представља велики изазов у процесу развоја веб апликације. Појавом *CSS* развојних оквира који садрже већ стилизоване шаблоне убрзао се развој апликација и омогућио да се и без много уложеног

времена може имплементирати модеран кориснички интерфејс. Коришћењем већ постојећих шаблона губи се могућност за прављењем јединственог корисничког интерфејса па се и поред развојних оквира као што је *Bootstrap* користе и стандардна *CSS* правила [19].

Tailwind представља *CSS* развојни оквир који решава проблем на мање рестриктиван начин, задржава брзину и једноставност развоја коју пружају горе поменути развојни оквири, а дозвољава флексибилност коју пружа коришћење *CSS* правила. То се постиже коришћењем предефинисаних класа које у себи садрже велики број функционалности које омогућавају кориснику да лако имплементира комплексне промене на корисничком интерфејсу [9].

Playwright

Playwright је развојни оквир направљен за аутоматизацију системских (*end to end*) тестова од стране *Microsoft* тима. Оквир подржава више програмских језика као што су *Java*, *Python*, *C#* и *JavaScript* [11].

Сваки претраживач садржи погонски део који је одговоран за трансформисање *HTML* текста у веб страницу која се приказује на самом уређају. *Playwright* користи протокол *DevTools* који омогућава директну комуникацију са погонским делом претраживача у циљу извршавања тестова у претраживачу [8]. Ова особина чини оквир знатно бржим и стабилнијим од конкуретних технологија које користе протокол *WebDriver*. [22, 2]. Оквир подржава извршавање на претраживачима као што су *Chromium*, *Firefox* и *Webkit* [11, 21, 1].

Аутоматско чекање је једна од главних особина оквира. Пре сваке акције над елементом на веб страници, проверава се да ли је елемент видљив и активан па се тек онда наставља са извршавањем теста. Ово елиминисање потребу за имплицитним чекањима у аутоматским тестовима. Имплицитна чекања, односно заустављање теста на предефинисан број секунди како би се одређен елемент учитао, представљају чест узрок нестабилних тестова. Аутоматско чекање такође смањује потребу за експлицитним чекањима, која заустављају тест док одређен услов није испуњен, јер се већина стандардно коришћених услова аутоматски проверава пред интеракцију са елементом. Смањен број експлицитних чекања у тесту доприноси томе да тест буде концизан и јасан.

Конкуретно извршавање тестова је подржано и једноставно се имплементира услед асинхроне природе *Node.js* оквира. Оквир не подржава тестирање

на реалним мобилним уређајима али подржава емулацију претраживача за мобилне телефоне.

Уз алате за тестирање корисничког интерфејса, *Playwright* такође пружа алате за визуелно тестирање, компонентно тестирање, и тестирање програмских интерфејса апликације [11]. Неки од тих алата биће приказани у даљем тексту.

Библиотека за тестирање *React* апликација и *Jest*

Тестирање појединачних јединица и компоненти система који користи *React* библиотеку може се постићи коришћењем библиотеке за тестирање *React* апликација (енг. *React testing library*) [5]. Библиотека омогућава тестирање појединачних чворова *DOM* стабла из угла корисника. Свака *React* компонента се претвара у *DOM* чвор и помоћу *JavaScript* библиотеке за тестирање - *Jest*, проверавају се очекиване вредности унутар чвора. Ова библиотека пружа сигурност да се подаци приказују на очекиван начин без обзира на друге делове система, као и да различите јединице функционишу унутар компоненти којима припадају [5, 20]

Библиотека *MSW*

Како би тестови били поуздани и подаци који се користе унутар тестова морају бити поуздани. Такође потребно је тестирати клијентски део апликације независно од серверског дела.

MSW (енг. *Mock Service Worker*) представља библиотеку која омогућава да се *API* позиви који су упућени ка серверској страни апликације пресретну и уместо правих, клијентској апликацији врате предефинисани „лажни” одговори. Ово омогућава како тестирање клијентског дела апликације у изолацији, тако и могућност независног развоја клијентског и серверског дела апликације [25]. Да би одговарајући *API* позиви били пресретнути потребно је дефинисати тачке јавног интерфејса и предефинисане податке који се шаљу клијентској страни апликације.

4.2 Архитектура и дизајн апликације

Развијена апликација подељена је у две целине, на серверски и клијентски део. Серверски део апликације организован је у међусобно независне микросервисе. Сваки микросервис има јасно дефинисан јавни интерфејс помоћу ког клијентска страна апликације приступа ресурсима и функционалностима које микросервис пружа. Подаци које микросервиси користе организовани су тако да сваки микросервис има своју базу података. Комуникација између микросервиса и клијентског дела апликације извршава се коришћењем *HTTP* протокола. У наставку ове секције биће детаљније приказани имплементациони детаљи као и архитектурална решења за сваки од делова апликације.

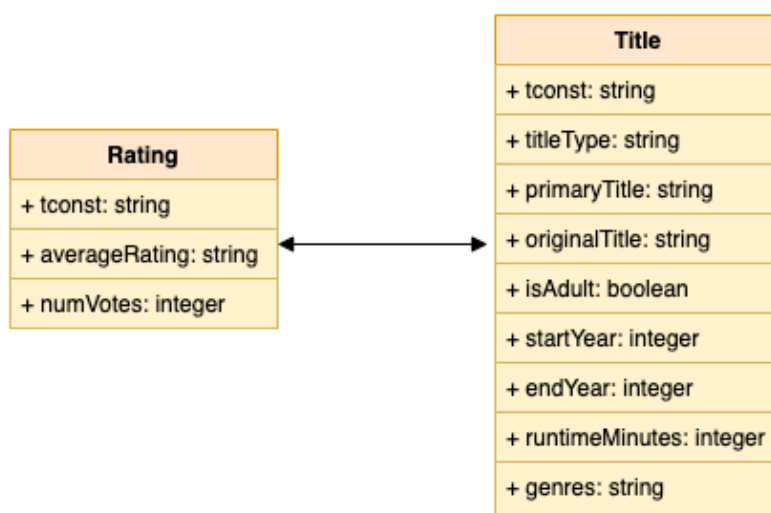
Микросервиси

Серверски део апликације састоји се од два независна микросервиса *Books* и *Movies*. Архитектура коришћена при имплементацији оба микросервиса је *MVC* (енг. *Model View Controller*) па је структура пројекта подељена у одговарајуће целине:

1. Датотека *index.js* — покреће претходно дефинисан сервер на одговарајућем порту. Дефинисање јавног интерфејса микросервиса дешава се унутар датотеке *server.js*
2. Рутери (у директоријуму *routers*) — повезују добијене *HTTP* захтеве са компонентама које су одговорне за обраду тих захтева.
3. Контролери (у директоријуму *controllers*) — имплементирају бизнис логику микросервиса тако што обрађују захтеве и делегирају операције доменским моделима.
4. Описи и методе за иницијализацију модела (у директоријуму *models*) — дефинишу поља модела и имплементирају методе које учитавају и парсирају податке из базе података.
5. Конфигурација система за управљање базом података (у директоријуму *services*) — конфигурише објектно-релационо мапирање и путању до фајла у ком се налази база података.

Сервис *Movies*

Сервис *Movies*, односно сервис филмова, је сервис задужен за управљање подацима о филмовима и оценама за те филмове. Доменски модел овог сервиса налази се на слици 4.1. Ентитет *Title* садржи податке о филму као што су име, година снимања, број минута и жанр филма, док ентитет *Rating* садржи информације о просечној оцени као и о броју корисника који су дали оцену за филм на сајту *IMDB*.



Слика 4.1: Доменски модел сервиса *Movies*

Сервис пружа јавни интерфејс помоћу ког је могуће добити информације о свим филмовима, о специфичном филму на основу његовог идентификатора као и добити листу филмова на основу упита. Детаљнији опис интерфејса приказан је у табели 4.1.

ГЛАВА 4. ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА И ТЕСТИРАЊЕ GELOS АПЛИКАЦИЈЕ

Табела 4.1: Опис јавног интерфејса сервиса *Movies*

Опис	Параметри	Одговор при успешној обради
GET api/v1/version		
Дохватање актуелне верзије интерфејса		version — тренутна верзија интерфејса
GET api/v1/movies		
Дохватање информација о свим доступним филмовима	page — број странице резултата (опционо) size — број филмова на страници (опционо)	data — објекат који садржи листу филмова са оценама meta — објекат који садржи мета податке о листи
GET api/v1/movies/:id		
Дохватање информација о специфичном филму	id — идентификатор филма (обавезно)	data — објекат који садржи информације о специфичном филму
GET api/v1/movies/search		
Претрага филмова на основу имена филма	page — број странице резултата (опционо) size — број филмова на страници (опционо) query — кључна реч за претрагу (обавезно)	data — објекат који садржи листу филмова meta — објекат који садржи мета податке о листи
GET api/v1/ratings		
Дохватање свих оцена филмова	page — број странице резултата (опционо) size — број филмова на страници (опционо)	data — објекат који садржи листу о оцена филмова са њиховим насловом meta — објекат који садржи мета податке о листи

Сервис *Books*

Сервис Books, односно сервис књига је сервис задужен за управљање подацима о популарним књигама. Сервис омогућава претрагу популарних наслова, као и добијање информација о аутору, оцени наслова и других информација о књигама. Доменски модел овог сервиса налази се на слици 4.2. Сервис пружа програмски дефинисан интерфејс који омогућава излиставање целокупне листе књига које се налазе у бази података, као и претрагу по насловима.

ГЛАВА 4. ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА И ТЕСТИРАЊЕ GELOS АПЛИКАЦИЈЕ

Табела 4.2: Опис јавног интерфејса сервиса *Books*

Опис	Параметри	Одговор при успешној обради
GET api/v1/version		
Дохватање актуелне верзије интерфејса		version — тренутна верзија интерфејса
GET api/v1/books/		
Дохватање информација о свим доступним књигама	page — број странице резултата (опционо) size — број књига на страници (опционо)	data — објекат који садржи листу књига meta — објекат који садржи мета податке о листи
GET api/v1/books/search		
Претрага књига на основу наслова књиге	page — број странице резултата (опционо) size — број књига на страници (опционо) query — кључна реч за претрагу (обавезно)	data — објекат који садржи листу књига meta — објекат који садржи мета податке о листи

Сервис књига има врло сличан јавни интерфејс као и сервис филмова, али због разлика у доменима и количини података са којима располажу, овај сервис у склопу исте табеле садржи информације о књигама и информације о оценама тих књига. Детаљан опис функционалности које микросервис пружа може се видети у табели 4.2



Слика 4.2: Доменски модел сервиса *Books*

Клијентска апликација

У склопу пројекта направљена је клијентска апликација која користи функционалности које имплементирани микросервиси пружају. За имплементацију коришћена је библиотека *React* као и помоћна библиотека *React router* [17]. Апликација је подељена на компоненте које представљају изоловане целине система и у себи садрже логику и визуелни приказ дела апликације. Појам *React* компоненте детаљније је описан у секцији 4.1.

Централни део хијерархијске структуре апликације имплементиран је у компоненти *App*. Она сваку компоненту приказује унутар компоненте *Layout* која дефинише распоред компоненти на страници, и изнад и испод сваке странице приказује компоненту *Header* и *Footer* респективно. *Header* имплементира заглавље које садржи мени за навигацију, док *Footer* представља подножје странице. Коришћењем библиотеке *React router*, компонента *App* приказује одговарајућу страницу у зависности од *URL* путање. Уколико је путања неисправна биће приказана компонента *Page404* која корисника обавештава о неисправно унешеној путањи.

Странице представљају компоненте које интегришу више компоненти и имплементирају комуникацију са серверским делом апликације. Страница *Homepage* представља полазну тачку клијентске апликације и садржи се од више презентационих картица које користе податке дефинисане у *contents* директоријуму. Навигацијом кроз презентационе картице или кроз горњи мени за навигацију корисник се преусмерава на неку од страница.

Страница *MoviesPage* омогућава кориснику презентацију као и претрагу оцењених филмова. Компонента *MoviesPage* користи јавни интерфејс *Movies* сервиса и у складу са корисничким уносом података приказује листу филмова односно компоненти *Movie*. У склопу ове странице имплементирано је и приказивање вишестраничних резултата упита кроз компоненту *Pagination*. Аналогно, страница *BooksPage* приказује листу књига и омогућава претрагу књига по њиховом наслову користећи јавни интерфејс *Books* сервиса. Обе компоненте користе компоненту *SearchBar* која регулише унос наслова за претрагу. Празан унос у поље за претрагу кориснику враћа иницијалан скуп података.

Структура директоријума клијентске апликације осликава функционалност сваке од компоненти апликације. Компоненте које представљају странице апликације налазе се у директоријуму *pages* док се компоненте које

представљају делове страница налазе у директоријуму *components*. Искључиво презентационе компоненте попут *Loading* или *Icons* компоненти налазе се у директоријуму *ui*. Поред конфигурационих датотека у склопу апликације се налазе и систем за тестирање апликације као и систем за пресретање *API* позива о којима ће бити речи у наредном поглављу.

4.3 Аутоматско тестирање апликације

Глава 5

Закључак

Библиографија

- [1] Apple. Webkit, 2021. on-line at: <https://webkit.org/>.
- [2] Pablo Calvo. WebDriver vs Chrome DevTools (Speed Test), 2021. on-line at: <https://dev.to/pjcalvo/webdriver-vs-chrome-devtools-speed-test-441h>.
- [3] MDN Contributors. Express/Node introduction, 2022. on-line at: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Learn/Server-side/Express_Nodejs/Introduction.
- [4] Sequelize Contributors. Sequelize.js. on-line at: <https://sequelize.org/docs/v6/>.
- [5] Kent C. Dodds. React testing library introduction, 2022. on-line at: <https://testing-library.com/docs/react-testing-library/intro/>.
- [6] OpenJS Foundation. About Node.js. on-line at: <https://nodejs.org/en/about/>.
- [7] Yurrrrrri Gurevich and Saharon Shelah. Expected computation time for Hamiltonian path problem. *SIAM Journal on Computing*, 16:486–502, 1987.
- [8] Ganesh Hegde. Playwright Framework Tutorial: Learn Basics and Setup, 2022. on-line at: <https://www.browserstack.com/guide/playwright-tutorial>.
- [9] Tailwind Labs. Tailwind - Utility-First Fundamentals, 2022. on-line at: <https://tailwindcss.com/docs/utility-first>.
- [10] Mia Liang. Object - Relational Mapping, 2021. on-line at: <https://www.altexsoft.com/blog/object-relational-mapping/>.

- [11] Microsoft. Playwright - Getting started, 2022. on-line at: <https://playwright.dev/>.
- [12] Alexander Noel. Guide to monorepos. on-line at: <https://www.toptal.com/front-end/guide-to-monorepos>.
- [13] Node package manager team. About npm. on-line at: <https://docs.npmjs.com/about-npm>.
- [14] Petar Petrović and Mika Mikić. Naučni rad. In Miloje Milojević, editor, *Konferencija iz matematike i računarstva*, 2015.
- [15] Meta Platforms. React - A JavaScript library for building user interfaces, 2022. on-line at: <https://reactjs.org/>.
- [16] SQLite project. About SQLite. on-line at: <https://www.sqlite.org/about.html>.
- [17] Remix. React router - main concepts, 2022. on-line at: <https://reactrouter.com/docs/en/v6/getting-started/concepts>.
- [18] IBM StrongLoop. Express.js. on-line at: <https://expressjs.com/>.
- [19] Bootstrap team. Bootstrap, 2022. on-line at: <https://getbootstrap.com/>.
- [20] Facebook Open Source team. Jest, 2022. on-line at: <https://jestjs.io/>.
- [21] Google Chrome team. Chromium, 2021. on-line at: <https://www.chromium.org/Home/>.
- [22] Garima Tiwari. Playwright vs Selenium: A Comparison, 2021. on-line at: <https://www.browserstack.com/guide/playwright-vs-selenium>.
- [23] SQLite tutorial team. What Is SQLite, 2022. on-line at: <https://www.sqlitetutorial.net/what-is-sqlite/>.
- [24] W3Schools. Node.js intro. on-line at: https://www.w3schools.com/nodejs/nodejs_intro.asp.
- [25] Artem Zakharchenko. Mock Service Worker - API mocking of the next generation, 2022. on-line at: <https://mswjs.io/docs/>.

Биографија аутора

Вук Стефановић Караџић (*Трипић, 26. октобар/6. новембар 1787. — Беч, 7. фебруар 1864.*) био је српски филолог, реформатор српског језика, сакупљач народних умотворина и писац првог речника српског језика. Вук је најзначајнија личност српске књижевности прве половине XIX века. Стекао је и неколико почасних доктората. Учествовао је у Првом српском устанку као писар и чиновник у Неготинској крајини, а након слома устанка преселио се у Беч, 1813. године. Ту је упознао Јернеја Kopитара, цензора словенских књига, на чији је подстицај кренуо у прикупљање српских народних песама, реформу ћирилице и борбу за увођење народног језика у српску књижевност. Вуковим реформама у српски језик је уведен фонетски правопис, а српски језик је потиснуо славеносрпски језик који је у то време био језик образованих људи. Тако се као најважније године Вукове реформе истичу 1818., 1836., 1839., 1847. и 1852.