**UNIVERSITATEA SAPIENTIA DIN CLUJ-NAPOCA**

**FACULTATEA DE ȘTIINȚE TEHNICE ȘI UMANISTE, TÎRGU-MUREȘ**

**SPECIALIZAREA DEZVOLTAREA APLICAȚIILOR SOFTWARE**

**Studiul metodologiilor testării aplicaţiilor web**

**LUCRARE DE DISERTAȚIE**

**Coordonator științific: Absolvent:**

dr. Vajda TamásKristó Zsolt

lector universitar

**2019**

|  |  |
| --- | --- |
| UNIVERSITATEA “SAPIENTIA” din CLUJ-NAPOCA Viza facultății:  Facultatea de Științe Tehnice și Umaniste din Târgu Mureș  Specializarea: Dezvoltarea aplicațiilor software | |
| LUCRARE DE DISERTAȚIE | |
| Coordonator științific:  lector dr. Vajda Tamás | Candidată: Kristó Zsolt  Anul absolvirii: 2019 |
| a) Tema lucrãrii de licențã Studiul metodologiilor testării aplicaţiilor web  b) Problemele principale tratate:  - Studierea cadrelor de testare automatizat ale aplicatiilor web  - Realizarea unei aplicații web și a unui cadru de automatizare a testării utilizând tehnologii Java și Cucumber    c) Desene obligatorii:  - Reprezentări grafice a diferențelor dintre diferite browsere  - Reprezentări grafice a rezultatelor și a indicatorilor de performanță    d) Softuri obligatorii:  -Realizarea unui cadru de testare pentru a simula comportamentul utilizatorilor finali  e) Bibliografia recomandată:  [1] Unmesh Gundecha, “Selenium Testing Tools Cookbook”, Packt Publishing Ltd, 2012, 1849515751, 9781849515757  [2] Raghavendra Prasad MG, “Learning Selenium Testing Tools - Third Edition”, Packt Publishing Ltd, 2015, 1784398047, 9781784398040  [3] Seb Rose, Matt Wynne, Aslak Hellesoy, “The Cucumber for Java Book: Behaviour-Driven Development for Testers and Developers”, Pragmatic Bookshelf, 2015, 1680504983, 9781680504989  [4] Shankar Garg, “Cucumber Cookbook”, Packt Publishing Ltd, 2015, 1785284134, 9781785284137  [5] Mazedur Rahman, Jerry Gao, “A Reusable Automated Acceptance Testing Architecture for Microservices in Behavior-Driven Development”, IEEE, 2015, 978-1-4799-8356-8 | |
| f) Termene obligatorii de consultații: săptămânal    g) Locul și durata practicii: Universitatea Sapientia,  Facultatea de Științe Tehnice și Umaniste din Târgu Mureș  Primit tema la data de: 25.09.2018  Termen de predare: 03.07.2019  Semnătura Director Departament Semnătura coordonatorului  Semnătura responsabilului Semnătura candidatului  programului de studiu | |

**Declaraţie**

Subsemnatul **Kristó Zsolt**, absolventă a specializării **Dezvoltarea aplicațiilor software**, promoţia **2017-2019** cunoscând prevederile Legii Educaţiei Naţionale 1/2011 şi a Codului de etică şi deontologie profesională a Universităţii Sapientia cu privire la furt intelectual declar pe propria răspundere că prezenta lucrare de licenţă/proiect de diplomă/disertaţie se bazează pe activitatea personală, cercetarea/proiectarea este efectuată de mine, informaţiile şi datele preluate din literatura de specialitate sunt citate în mod corespunzător.

Localitatea,

Data: Absolvent

Semnătura………………………

**Declaraţie**

Subsemnata/Subsemnatul **Vajda Tamás**, funcţia **lector universitar**, titlul ştiinţific **dr.** declar pe propria răspundere că **Kristó Zsolt** absolventă al specializării **Dezvoltarea aplicațiilor software** a întocmit prezenta lucrare sub îndrumarea mea.

În urma verificării formei finale constat că lucrarea de licenţă/proiectul de diplomă/disertaţia corespunde cerințelor de formă şi conținut aprobate de Consiliul Facultăţii de **Științe Tehnice și Umaniste din Târgu Mureș** în baza reglementărilor Universităţii „Sapientia”. Luând în considerare şi Raportul generat din aplicaţia antiplagiat „Turnitin” consider că sunt îndeplinite cerințele referitoare la originalitatea lucrării impuse de Legea educației naționale nr. 1/2011 şi de Codul de etică şi deontologie profesională a Universităţii Sapientia, şi ca atare sunt de acord cu prezentarea şi susținerea lucrării în fața comisiei de examen de licență/diplomă/disertaţie.

Localitatea,

Data: Semnătura îndrumătorului

**Extras**

În zilele noastre, cele mai frecvente aplicații rulează în browsere. Luați, de exemplu, site-uri de rețele sociale sau magazine online. În trecut, fiecare aplicație a trebuit să fie instalată separat pe calculatorul nostru, dar odată cu apariția Internetului, aplicațiile web au devenit din ce în ce mai populare și aceasta este o tendință crescătoare în prezent. Îmi îndrăznesc să pun mâna pe foc că toată lumea a întâlnit deja un site în care ceva nu funcționa corect (un buton, un link sau o pagină nu a fost încărcată corect sau imaginile lipseau și altele asemenea). Îți spune ceva 404 Not Found? Sunt sigur că toți am ajuns într-o astfel de fereastră cel puțin o dată. Aceasta înseamnă că site-ul este defect. Nu din greșeala noastră nu merge, pur și simplu dezvoltatorii nu a pus accentul pe testarea în timpul dezvoltării, deoarece ar fi putut fi filtrate eroarea dacă au testat corect pagina înainte de a le pune la dispoziția tuturor. Tema tezei mele este testarea aplicațiilor web, pentru care am ales cel mai simpatic cadru de testare - Selenium. Selenium este un cadru de testare care ne permite să automatizăm browserul astfel încât să putem simula comportamentul utilizatorilor finali. În teză am continuat să aflu cum să construim un astfel de cadru eficient, evitând greșelile comune și cum să implicăm oameni care nu pot programa în test, care a fost ajutat de Cuecumber, una din implementările BDD (Behavior Driven Development). Selenium a fost automatizat în limbajul de programare java și, după ce a fost dezvoltat cadrul, am examinat modul în care browserele rulează testele pe o aplicație web pe care am dezvoltat-o, care a fost mai rapidă. În cercetarea mea, caut răspunsul la întrebarea: Când trebuie să scriem teste automate și când trebuie să testez manual pagina? Acest lucru va ajuta la îmbunătățirea calității aplicațiilor web.

**SAPIENTIA ERDÉLYI MAGYAR TUDOMÁNYEGYETEM**

**MAROSVÁSÁRHELYI KAR**

**SZOFTVERFEJLESZTÉS SZAK**

**Webes alkalmazások tesztelési módszereinek tanulmányozása**

**DISSZERTÁCIÓ DOLGOZAT**

**Témavezető: Végzős hallgató:**

dr. Vajda Tamás Kristó Zsolt

adjunktus

**2019**

**Kivonat**

Napjainkban a legelterjedtebb alkalmazások mind a böngészőkben futnak. Vegyük például a közösségi oldalakat vagy az online áruházakat. Régen minden alkalmazást külön telepíteni kellett a számítógépünkre, ám az internet megjelenésével egyre nagyobb teret hódítottak a webes applikációk és ez a jelenben is növekvő tendenciát mutat. Tűzbe merem tenni a kezem azért, hogy mindenki találkozott már olyan weboldallal, ahol valami nem működött megfelelően (egy gomb, egy link, esetleg egy oldal nem töltődött be megfelelően vagy a képek hiányoztak és hasonlók). Mond valamit a 404 Not Found hibakód? Biztos vagyok benne, hogy mindnyájan belefutottunk legalább egyszer egy ilyen ablakba. Ez annyit jelent, hogy a weboldal hibás. Nem a mi hibánkból nem működik, egyszerűen a fejlesztés során nem fordítottak kellő hagsúlyt a tesztelésre, mert kiszűrhették volna a hibát, ha megfelelően tesztelik az oldalt, mielőtt elérhetővé teszik mindenki számára. Dolgozatom témája a webalkalmazások tesztelése, melyhez kiválasztottam a számomra legszimpatikusabb keretrendszert – a Seleniumot. A Selenium egy olyan teszt keretrendszer, melynek segítségével automatizálni tudjuk a böngészőt, így tudjuk szimulálni a végfelhasználó viselkedését. A dolgozatban utána jártam, hogy hogyan lehet egy ilyen keretrendszert hatékonyan felépíteni, elkerülve a gyakori hibákat, valamint annak is, hogy hogyan lehetne a tesztelésbe bevonni olyan embereket, akik nem tudnak programozni, ebben volt segítségemre a BDD (Behaviour Driven Development) egyik implementációja, a Cucumber. A Seleniumot java programozási nyelven automatizáltam, és miután meglett a keretrendszer, egy általam fejlesztett webes applikáción vizsgáltam meg azt, hogy az egyes böngészők hogyan futtatják a teszteket, milyen helyzetben melyik a gyorsabb. Kutatásom során arra a kérdésre keresem a választ, hogy: mikortól érdemes automatizált teszteket írnunk és mikor érdemes inkább manuálisan tesztelni az oldalt? Ezáltal hozzájárulva a webes applikációk minőségének javulásához.

**Abstract**

Nowadays, the most common applications are running in browsers. Take, for example, social networking sites or online stores. In the past, every application had to be installed on our computer separately, but with the advent of the Internet, web applications became more and more popular and this is an increasing trend in the present. I dare to put my hands on fire that everyone has already met a website where something did not work properly (a button, a link, or a page was not loaded properly or the images were missing and so on). Does the 404 Not Found tell you something? I'm sure we all ran into such a window at least once. This means that the website is defective. It is not our fault, simply the developers did not put enough effort on testing during the development, because they could have filtered the error if they properly tested the page before making it available to everyone. The topic of my thesis is the testing of web applications, for which I chose the most sympathetic framework - Selenium. Selenium is a test framework that allows us to automate the browser so we can simulate end-user behavior. In the thesis, I went on to find out how to build such a framework efficiently, avoiding common mistakes, and how to involve people who cannot program into the test, which was helped by one of the implementations of BDD (Behavior Driven Development), the Cucumber. Selenium was automated in java programming language, and after the framework was developed, I examined how the browsers run the tests on a web application that I developed, which one was faster. In my research, I am looking for the answer to the question: When should we write automated tests and when should we manually test the page? This will help improve the quality of web applications.

Tartalom

[Bevezető 3](#_Toc12911270)

[Szakirodalmi tanulmány 4](#_Toc12911271)

[Autómatizált tesztelési keretrendszerek 4](#_Toc12911272)

[Az automatizált tesztelés tipikus buktatói 6](#_Toc12911273)

[A kutatott technológiák bemutatása 9](#_Toc12911274)

[Selenium 9](#_Toc12911275)

[Miért Selenium? 9](#_Toc12911276)

[Selenium IDE 10](#_Toc12911277)

[Selenium WebDriver 12](#_Toc12911278)

[WebElement-ek és betájolásuk 15](#_Toc12911279)

[Megvalósított rendszer bemutatása 18](#_Toc12911280)

[A Webalkalmazás 18](#_Toc12911281)

[Webalkalmazás technológiái 18](#_Toc12911282)

[Webalkalmazás architektúra 19](#_Toc12911283)

[A webalkalmazás funkciói 21](#_Toc12911284)

[A teszt keretrendszer 28](#_Toc12911285)

[Selenium 29](#_Toc12911286)

[Selenium WebDriver 29](#_Toc12911287)

[Page Object Model 30](#_Toc12911288)

[Cucumber 32](#_Toc12911289)

[JUnit-al való integráció 35](#_Toc12911290)

[Teszt keretrendszer arhitektúra 36](#_Toc12911291)

[Mérések 47](#_Toc12911292)

[Következtetések és tapasztalatok 58](#_Toc12911293)

[Továbbfejlesztési lehetőségek 60](#_Toc12911294)

[Idézett forrásmunkák 60](#_Toc12911295)

Ábrajegyzék

[1. ábra - Selenium arhitektúra Forrás: [9] 9](#_Toc12911048)

[2. ábra - iDatalabs kutatásai szerint több, mint 40000 cég használja a Seleniumot [10] 10](#_Toc12911049)

[3. ábra - Selenium IDE kezdőlap 11](#_Toc12911050)

[4. ábra – Selenium IDE példa teszteset 12](#_Toc12911051)

[5. ábra - A webalkalmazás rétegei 19](#_Toc12911052)

[6. ábra - Egyszerüsített térkép az alkalmazás oldalairól 20](#_Toc12911053)

[7. ábra - Teljes oldaltérkép 21](#_Toc12911054)

[8. ábra - HomePage (index) 21](#_Toc12911055)

[9. ábra - Navigációs menü alapesetben 22](#_Toc12911056)

[10. ábra - Navigációs menü User jogosultsággal (If Authenticated) 22](#_Toc12911057)

[11. ábra - Navigációs menü Admin jogosultsággal (If Admin) 22](#_Toc12911058)

[12. ábra - Books Page 23](#_Toc12911059)

[13. ábra - Book Details Page 23](#_Toc12911060)

[14. ábra - Authors Page 24](#_Toc12911061)

[15. ábra - Author Details Page 24](#_Toc12911062)

[16. ábra - Contact us Page 25](#_Toc12911063)

[17. ábra - Contact Messages Page 25](#_Toc12911064)

[18. ábra – Sign in Page 26](#_Toc12911065)

[19. ábra - Registration Page 26](#_Toc12911066)

[20. ábra - Users Page 27](#_Toc12911067)

[21. ábra - User Details Page 27](#_Toc12911068)

[22. ábra - User Settings és Sign out oldalak 28](#_Toc12911069)

[23. ábra - User Settings Page 28](#_Toc12911070)

[24. ábra - A webalkalmazás oldalai megfeleltetve egy-egy Java objektumnak 32](#_Toc12911071)

[25. ábra - BDD, ahogy TDD-re épül Forrás: [15] 33](#_Toc12911072)

[26. ábra - A teszt keretrendszer rétegei 36](#_Toc12911073)

[27. ábra - JUnit TestRunner.java 37](#_Toc12911074)

[28. ábra - Cucumber Feature fájlok 39](#_Toc12911075)

[29. ábra - Selenium WebDriver könyvtárai 41](#_Toc12911076)

[30. ábra - Feature fájlok java kódjai 42](#_Toc12911077)

[31. ábra - AddNewAuthor.feature - Scenario1 42](#_Toc12911078)

[32. ábra - AddNewAuthorStepDefinition - Scenario1 43](#_Toc12911079)

[33. ábra - Selenium WebDriver implementációja 44](#_Toc12911080)

[34. ábra - WebDriver réteg UML diagramja 47](#_Toc12911081)

[35. ábra - Internet sebessége Forrás: www.speedtest.net 47](#_Toc12911082)

# Bevezető

A dolgozatomban a webes alkalmazásokra írt automatizált tesztelési keretrendszereket kutattam. Arra a kérdésre szerettem volna választ kapni, hogy mikortól érdemes egy applikációhoz automatizált teszteket írni. Mi az a pont, ahol megtérül a tesztekbe fektetett idő.

A motivációt a kutatáshoz a munkám adta. Product Lifecycle Managementel foglalkozom, ahol egy PTC Windchill nevű, Spring technológiára alapuló webes alkalmazást szabunk testre a kliensek igényeihez mérten. A probléma pedig ott adódik, hogy a fejlesztéseinket tesztelni kell. Jelenleg kézzel csináljuk ezt, ami lassú. És valahányszor release-re kerül a sor, újra kell csinálni kézzel minden tesztet, hogy meggyőződjünk róla, hogy minden új funkció az elvártnak megfelelően üzemel és a már meglévő funkciókat nem befolyásolják. Ezt a teszt környezeten egy teszter végzi, 10 napon keresztül. Ezért gondoltam, hogy rengeteg időt meg lehetne takarítani, ha a teszteket autómatizálnánk, úgyhogy úgy döntöttem körbe járom kicsit a témát, hogy valóban helyt áll-e a hipotézisem.

Mivel nem kaptam engedélyt, hogy a Windchill-en kísérletezzek különböző licensz okok miatt, ezért fejlesztettem egy saját Spring alapú webes alkalmazást, amire a teszt keretrendszeremet építhettem és a méréseket elvégezhettem. Ezt az alkalmazást bemutatom A Webalkalmazás címszó alatt.

Először végeztem egy piackutatást, hogy megtudjam milyen rendszerek léteznek erre a célra és mire kell oda figyelni, mik a tipikus hibák, amiket figyelembe kell venni egy ilyen rendszer fejlesztése során. Mint kiderült, nagyon sokféle megvalósítás van már, válogathatunk az igényeinkhez mérten. Az én elvárásaim a következők voltak: lehessen java nyelven programozni, legyen széles körben alkalmazva – így van felhasználótábora, és legyen ingyenes. A keretrendszerek közül kiválasztottam a Seleniumot, mert ez felelt meg leginkább az igényeimnek. Seleniumon kívül beszélek még öt elterjedt és számomra érdekes keretrendszerről is a dolgozatomban a Autómatizált tesztelési keretrendszerek címszó alatt.

Miután kiválasztottam a számomra legmegfelelőbb keretrendszert (Selenium), utána jártam, hogy mások hogyan építenek egy hasonló rendszert, így alkalmazva a best-practice technikákat, mint a Page Object model és a Cucumber. Erről bővebben beszélek a Page Object Model és a Cucumber címszók alatt.

Végül pedig a már meglévő, működő teszteket lefuttattam Junit segítségével, hogy a tesztek futási idejéről jelentést kapjak. Ezeket a jelentéseket egy Trivago cég által fejlesztett, nyílt forráskódú, Cluecumber nevű alkalmazás módosításával feldolgoztam így születtek meg a mérési eredmények, melyeket a Mérések címszó alatt tárgyalok.

# Szakirodalmi tanulmány

## Autómatizált tesztelési keretrendszerek

Ha automatizált tesztelésre kerül a sor, és a már létező technológiák után kutatunk, bajban lehetünk a széles választék miatt. Bár a kör nagyon hamar leszűkíthető, ha letisztázzuk, hogy mik az igényeink és miben van elegendő jártasságunk. A piac meglehetősen széles, így minden igényre lehet találni megoldásokat. Vannak olyanok, amelyek üzemeltetéséhez nem szükséges programozói háttértudás és vannak olyanok, amelyekhez kell tudni kódolni. Vannak, amelyek felhő alapú alkalmazások tesztelésére vannak kifejlesztve, sőt, olyant is találni, amelyek már mesterséges intelligenciával vannak felvértezve és elemzik a teszteket. Íme, néhány számomra érdekesnek tartott megvalósítás az említett technológiákra a Seleniumon kívül:

1. Cypress [1]

A Cypress egy Seleniumhoz hasonló keretrendszer. Az 1.0-s verziót 2017-ben adták ki, ekkor vált a projekt nyílt forráskódúvá és a Windows operációs rendszer is ekkor lett támogatva. Maga a Cypress Test Runner, mint technológia ingyenes, JavaScript nyelvben lehet írni és futtatni a teszteket. Van egy Cypress Dashboard Service nevű projekt is, ennek segítségével a fenti teszteket futtathatjuk, debuggolhatjuk valós időben a böngészőben, ám ez a szolgáltatás 3 felhasználó és/vagy 500 teszteset után fizetős. Tetszik, hogy a weboldalon részletes tutorial van, ahol bemutatják a keretrendszert, videókkal együtt és azt is, hogy hogyan kell használni az egyes funkciókat. Selenium esetén ez a funkció hiányzik. A Cypress-t olyan cégek használják, mint például NASA, KIWI.COM, DHL. Legalábbis a weboldalukon ezt írja.

1. Robot Framework [2]

A Robot Framework egy nyílt forráskódú, Python nyelvre alapuló, platformfüggetlen keretrendszer. Abba a csoportba tartozik, amely használatához nem feltétlenül szükségeltetik haladó programozói tudás, mert ez a keretrendszer úgynevezett kulcsszó – vezérelt szintaxist használ. Ez azt jelenti, hogy elég a megfelelő kulcsszavakat használni ahhoz, hogy irányítsuk a böngésző viselkedését. A kulcsszavak külső könyvtárakból jönnek. Szükség esetén írhatunk magunknak saját kulcsszavakat, ha nincs olyan könyvtár, ami kielégítené az igényeinket, de csak Python nyelven tehetjük meg ezt - persze ide már kell programozói tudás Előnye, hogy könnyen tanulható, egyszerű esetekben gyorsan használható és támogatja a Gherkin nyelvet is. A Robot Framework használatos a Nokia, ABB és Cisco által is.

1. Katalon Studio [3]

A Katalon Studio egy ingyenesen használható, de nem nyílt forráskódú keretrendszer. A rendszer a Seleniumra és Appiumra épül. Úgy kell elképzelni, mintha a Seleniumnak egy grafikus felhasználói felülettel ellátott verzióját kezelnénk. Erőssége, hogy web, mobil és API teszteket is lehet autómatizálni, valamint out-of-the-box lehet integrálni az ismertebb countinuous integration rendszerekkel és jó a jelentés kezelése is, például beállítható, hogy e-mailben küldje el a jelentéseket egy magadott címre a megadott formátumban. Támogatja a BDD-t és Gherkin nyelv szintaxist is. Van lehetőség felhő alapú alkalmazások tesztelésére is. A Katalon stratégiája az, hogy a segítségért (support) és a betanításért (training) kérnek pénzt. 1 évi support egy projekt esetén, 24 órás válaszidővel havi 199 dollárba, vagyis évi 2388 dollárba kerül. Ezen a lehetőségen is gondolkodtam Selenium helyett, de aztán azért nem ezt választottam, mert Seleniumhoz képest kisebb a felhasználótábora Olyan cégek használják, mint például SAP, Clayton homes, TATA.

1. Screenster [4]

A Screenster, mint ahogy neve is sugallja, közeli kapcsolatban áll a képernyővel. Ehhez a keretrendszerhez nem szükséges programozói ismeret, lévén, hogy vedd fel és játszd le elven működik. Az a mottójuk, hogy “Autómatizáld az első tested 5 perc alatt”. Nem szükséges telepíteni, innen is származhat a mottó. A Screenster egy vizuális felhasználói felülettel ellátott teszt automatizálásra alkalmas interfészt biztosít a webes alkalmazásokhoz. A UI teszt rögzítésekor a Screenster lebontja a DOM-ot, és az egyes UI-összetevőket a képernyőn végrehajtott módon egyezteti. Így a tesztelő megerősítheti az egyes oldalakon lévő elemeket, hogy valóban úgy néz-e ki és valóban az-e aminek lennie kell. Nem nyílt forráskódú és csak egy felhasználóig ingyenes, azután már 5 felhasználóig 25 dollár havonta, 20 felhasználóig 45 dollár, korlátlan felhasználó esetén pedig 75 dollár havonta a költsége. Olyan cégek használják, mint Google, Samsung, Verizon.

1. TestCraft [5]

A TestCraft egy 100% kódolást nem igénylő, felhő alapú UI autómatizáló keretrendszer, mely a Seleniumra épül. Programozás helyett itt a tesztelők vizuális felületen hozzák létre a teszt eseteik lépéseit. Úgy van kitalálva a rendszer, hogy mesterséges intelligencia segítse a tesztek működőképességét. Ha valami változás történik, elvileg autómatikusan adaptálódik hozzá a rendszer. Ingyen próbaverzió elérhető, de az árazásról nem tájékoztat a hivatalos weboldal.

A fenti listában kiemeltem a számomra érdekesebb megvalósításokat, de nem kellene, hogy itt véget érjen, mert még rengeteg alternatíva van a piacon, melyeket hosszan lehetne tárgyalni, de az már nem célja ennek a dolgozatnak.

Mint a fenti 5 említett keretrendszer rövid bemutatása után leszűrhetjük, mindenik rendszer nagyjából ugyanarra képes, de mindenik másképp csinálja. Hogy melyiket érdemes választani, az teljes mértékben az igényeinktől és a pénztárcánktól függ.

## Az automatizált tesztelés tipikus buktatói

Matthew Heusser, aki 20 éves tapasztalattal rendelkezik tesztelés területén, a következő hat pontot említi cikkjében [6], mint a leggyakoribb hibák, amik előjöhetnek, amikor teszteket automatizálunk:

1. Az alkalmazás tesztelése csak a felhasználói felületről

Matthew állítása szerint ha csak a felhasználói felületet használjuk arra, hogy teszteljük az alkalmazás minden funkcionalitását, akkor az előbb- utóbb, ahogy nő a projekt, ahhoz vezet, hogy a tesztek sokáig fognak futni. Ezért az eredményeket nem instant, hanem másnap kapjuk meg. Emiatt inkonzisztencia alakul ki a tesztelés és a fejlesztés között. A probléma megoldására ezért azt ajánlja, hogy ne csak a felhasználói felületen keresztül teszteljünk, hanem írjunk unit és integrációs teszteket is. Úgy gondolom, hogy egy kis projektnél mint például egy webáruház még nem jelentene gondot ez, ám egy nagyobb és összetettebb projektnél érdemes odafigyelni erre a pontra.

1. Build – Test – Deploy munkafolyamat figyelmen kívül hagyása

Matthew azt javasolja, hogy ne kézzel akarjuk lefuttatni az automatizált teszteket, hanem inkább integráljuk azt a munkafolyamatba, hogy minden build után autómatikusan lefussanak. Így mentesíthető az is, hogy esetleg elfelejtsük lefuttatni őket. Ne akarjuk rögtön, 100%-ban tesztelni az alkalmazást, hanem szépen, fokozatosan adjuk hozzá az új teszteket, melyeket átgondolunk, mert a tesztek igazításának és fenntartásának is költségei vannak.

1. Teszt adatok bevitele a felhasználói felületről

Említi még a cikk azt is, hogy ha csak lehet, kerüljük a teszt adatok bevitelét a felhasználói felületről, mert ez lassú folyamat és rengeteg értékes időt elvesz. Úgy érti, hogy a teszt adatbázist ne a felhasználói felületről hozzuk létre. Helyette inkább teszteljük, hogy működik-e a felület egy – két teszt adattal, de magát az adatokat, amik a teszteléshez szükségesek, inkább importáljuk az adatbázisba és minimizáljuk a kézzel történő bevitelt.

1. Tesztek távoltartása a fejlesztéstől

Egy másik probléma, amit Matthew kiemel, hogy a tesztelés általában egy már meglévő rendszeren zajlik, főleg a felhasználói felület tesztelése esetén van ez így. Ezért a tesztek mindig a fejlesztés mögött lesznek. Ennek elkerülése érdekében azt javasolja, hogy vonjuk be a tesztelőket, a programozókat és a „product ownert” is a folyamatba, beszéljék meg és legyen egy közös elképzelésük a rendszerről.

1. Teszt kód Másolása/Beillesztése

Ez a bekezdés arra a keretrendszerekre vonatkozik, melyeket programkódból irányítunk. Matthew arra hívja fel a figyelmet, hogy ha nincs megtervezve előre a teszt rendszer, akkor előbb- utóbb egy nagy spagetti lesz az egész, átláthatatlan, másolt, duplikált kódrészletekkel, és ha valaki változtatni akar a későbbiek folyamán a kódban, akkor az bizony fogja emlegetni a nevünket. Ennek a kiküszöbölésére találták ki a page-object mintát, mely segít a kód rendszerezésében. Az imént említett mintát adaptáltam én is a rendszerembe.

1. Gondolj a tesztekre úgy, mint egy nagy, összefüggő alkalmazásra

Az utolsó pontban Matthew arra hívja fel a figyelmet, hogy érdemes a rendszert úgy kitalálni, hogy ne csak a technikai emberek értsék a teszteket. Valahogyan emberi szemnek olvashatóvá kell tenni a teszteket, ez által a teszt esetek karbantarthatóak lesznek több csoport számára is, nem csak a technikai emberek számára. Ebből a megfontolásból vezettem be a Cucumbert is a keretrendszerembe.

A fenti gondolatokkal teljes mértékben egyet értek és még kiegészíteném néhánnyal, amit saját tapasztalataim alapján szűrtem le.

* Megfelelő keretrendszer kiválasztása

Erre azért hívom fel a figyelmet, mert, mint fennebb láthattuk, rengeteg megoldás létezik a piacon teszt automatizálásra. Vegyük figyelembe azt, hogy mi a célunk és azt, hogy miben van esetleg tapasztalatunk, amire építhetjük az új keretrendszer megtanulását.

* A teszteket előre kell tervezni és kigondolni

Minden tesztet előre meg kell tervezni és világos kell legyen az, hogy mit fogunk tesztelni és hogy valóban kell-e az adott teszt. Egyszóval többet ad-e, mint amennyi belefektetett időt elvesz. A tesztekre befektetett idő általában akkor térül meg, ha többször kell lefuttatni őket.

* A tesztrendszer felépítését érdemes előre megtervezni

Ezt azért érdemes betartani, mert ha nincs egy rendszer a tesztjeinknek, akkor hamar átláthatatlan masszává tudja kinőni magát az egész rendszer és ha módosítani kell valahol, akkor összeomolhat. Ebben lehet segítségünkre, ha betartjuk a page-object mintát és élünk az objektum orientált programozás nyújtotta lehetőségekkel.

* Túl sokat akarunk tesztelni

Szerintem nem érdemes 100%-ban lefedni az alkalmazást tesztekkel. Úgy gondolom, hogy bár papíron jól mutat, viszont több energiát emészt fel az, hogy az alkamazás minden apró funkcióját teszteljük, mint amennyi hasznot valóban hoz.

# A kutatott technológiák bemutatása

## Selenium

A Selenium egy keretrendszer, melynek segítségével autómatizálhatjuk a webböngészőt. Hogy mit kezd ezzel a hatalommal a felhasználó, az teljesen rajta áll. Első sorban a webes alkalmazások tesztelése céljából történő automatizálására szolgál, de nem merül ki ennyiben. Például az unalmas web alapú adminisztratív teendőket is automatizálni lehet vele. [7]

Nagyon gyakran emlegetik a Seleniumot és a WebDrivert egymás mellett. Aki most találkozik először a kifejezésekkel, bizonyára összezavarodhat, hogy mi a különbség a kettő között. Régen a Selenium és a WebDriver két különálló projekt volt, a lényege mindkettőnek ugyanaz volt: hogy irányíthassuk a böngészőt, csak másképp volt megvalósítva. [8] Később, 2007-ben a két projekt egyesült és kiadták a Selenium 2.0 –t, amely tartalmazta mindkét projektet. [7]



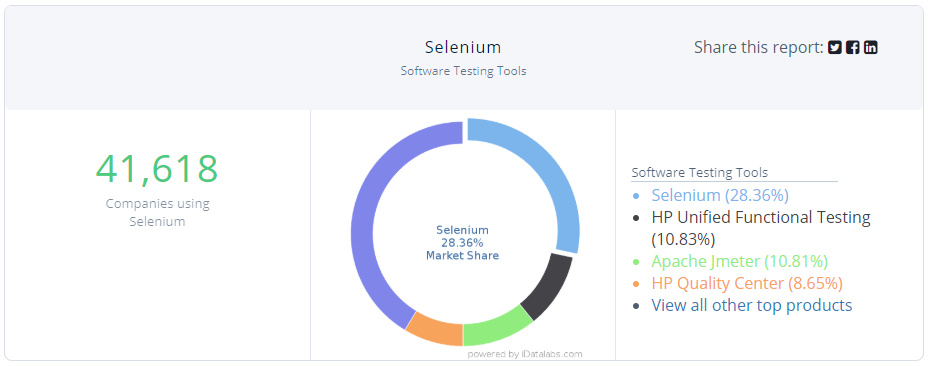
1. ábra - Selenium arhitektúra Forrás: [9]

### Miért Selenium?

Azért döntöttem Selenium mellett, mert figyelembe kell venni, hogy miben vagyok tapasztalt. Javaban van jártasságom, ezért tartom ésszerű döntésnek, hogy a teszteket is ugyanabban a nyelvben és környezetben írjam. Továbbá a Selenium jól integrálható JUnit-al és Maven-el. A tanulási görbe nem meredek azok számára, akiknek van jártassága Java-ban vagy valamilyen objektum orientált programozásban. Szempont volt még a költség is: mivel a Selenium nyílt forráskódú és bárki számára ingyenesen elérhető, ezért nem jár plusz költségekkel a használata. Selenium további előnyei közé tartozik, hogy sok böngészőt támogat. Egy webes alkalmazás szempontjából fontos, hogy a böngészők közötti különbségek ne jelentsenek gondot.

A WebDriver miatt képes a végfelhasználó tevékenységét imitálni a böngészővel, mint például billentyű leütések, drag-and-drop, vissza gombra való kattintás stb. Voltaképpen amit az egér és billentyűzet használatával végre tudok hajtani a böngészőben, ugyanazt el tudjuk érni, csak kódból.

Plusz pont a Seleniumnak, hogy nagy a felhasználótábora, így jó eséllyel találunk megoldást a gyakori problémákra. Az iDatalabs szerint a Selenium piaci részesedése több, mint 28%. [10]



2. ábra - iDatalabs kutatásai szerint több, mint 40000 cég használja a Seleniumot [10]

### Selenium IDE

A Selenium IDE nem más, mint egy egyszerű bővítmény a böngészőhöz. Célja, hogy programozási tudás nélkül is automatizálhassunk. Használni is egyszerű, mindössze hozzá kell adnunk a Selenium IDE kiterjesztést és az ikonjára kattintva előugrik a kezelőfelülete, amit a lenti 3. ábra - Selenium IDE kezdőlap szemléltet. 

3. ábra - Selenium IDE kezdőlap

Létre hozhatunk projekteket és kezdhetjük az automatizált tesztjeink készítését. Azért nem kell hozzá programozói ismeret, mert amiután beállítottuk a projektet, a Selenium IDE-vel fel tudjuk venni és visszajátszani kölcsönhatásainkat a böngészővel. Ezek lehetnek a teszt eseteink. Például: vegyük alapul a google.com oldalt. Beírom a kereső input-ba, hogy „selenium ide” és megnyomon az ENTER billentyűt, majd rákattintok az első találatra és megnézem, hogy az oldal címe megegyezik-e „Selenium IDE · Open source record and playback test automation for the web”-el? Ezt az egyszerű példát a lenti „4. ábra – Selenium IDE példa teszteset” ábrázolja.



4. ábra – Selenium IDE példa teszteset

Előnye, hogy nehéz telepítés nélkül működik és az egyszerű eseteket gyorsan, egyszerűen lehet tesztelni. Egyszerű eset alatt azt a tesztet értem, ami nem több, mint 15 lépésből áll. Egy projekt állhat részekre bontott tesztesetekből, melyeket bármikor újra felhasználhatunk. Hátránya, hogy a bonyolultabb eseteket már nehezen tudjuk szimulálni. Bonyolult teszteset az, ami 15 lépésnél többől áll vagy 5-nél több összetett műveletet tartalmaz. További hátulütő, hogy dinamikus weboldalak esetén kevésbé használható, valamint, hogy csak Google Chrome és Mozilla Firefox alá telepíthető a bővítmény.

Önmagában a Selenium IDE édeskevés egy jó autómatizált tesztelési keretrendszer összeállításához, de nekem nagy segítséget jelentett az elemek keresésénél. Akkor is hasznos lehet, ha meg szeretnénk gyorsan mutatni, hogy mi lenne az elvárt működése a teszteknek.

### Selenium WebDriver

Úgy gondolom, hogy a WebDriver a Selenium sikerének igazi kulcsa. Való igaz, hogy a Selenium IDE enged programozói tudás nélkül automatizálni, de ha nagyon hosszú a teszteset, akkor szerintem átláthatatlanná válik. Ebben az esetben érdemes a WebDrivert választani. Ide már szükségeltetik programozói tudás is, de az itt megírt teszteket futtathatjuk a támogatott böngészőkben, mint pl: Chrome, Firefox, Internet Explorer, Safari, Opera. Általában minden böngésző JavaScript-motorja eltér a többitől, és minden böngésző eltérő módon értelmezi a HTML-címkéket. A WebDriver API úgy irányítja a webböngészőt, ahogyan azt egy felhasználó tenné. Alapértelmezés szerint a FirefoxDriver hozzá van adva a Selenium könyvtárához, de a Chrome, IE és az Opera számára is vannak könyvtárak, melyeket le lehet tölteni. [11]

Vegyünk egy egyszerű tesztesetet, amikor a felhasználó nyit egy böngészőablakot, rákeres a „selenium” kulcsszóra és ellenőrzi, hogy az első találat a Selenium hivatalos oldala-e, majd bezárja a böngészőt. Ez az egyszerű eset a Selenium WebDriver beépített függvényeit használva mindössze nagyjából tíz sor kóddal leírható. Erre az esetre egy naiv implementáció így nézne ki:

**public** **void** isSeleniumTheFirstResult() {

// A webböngésző driver inicializálása, jelen esetben Chrome

WebDriver driver = **new** ChromeDriver();

// www.google.com weboldal betöltése

driver.get("http://www.google.com");

// A kereső input betájolása

WebElement searchField = driver.findElement(By.*name*("q"));

// selenium kulcsszó beírása az input mezőbe

searchField.sendKeys("selenium");

// Enter billentyű “leütése”

searchField.sendKeys(Keys.***RETURN***);

// Az első oldal találatainak listája

List<WebElement> searchResults = driver.findElements(By.*className*("g"));

// Az első találat tárolása a listából

WebElement firstResult = searchResults.get(0);

// Ellenőrzés, hogy az első találat a Selenium hivatalos weboldala-e

**if**(firstResult.getText().contains("https://www.seleniumhq.org/")) {

System.***out***.println("Selenium official page is the first result!");

} **else** {

System.***out***.println("Selenium official page is NOT the 1st result!");

}

// Böngészőablak bezárása

driver.quit();

}

1. példakód - WebDriver naiv implementáció

Aki először találkozik Selenium WebDriver-el és komment nélkül olvasná a kódot, ha nem is értené pontosan, de szerintem sejtené, hogy mit csinálhat a fenti részlet. Úgy gondolom, hogy elég beszédes függvényneveket adtak a Selenium fejlesztői, íme a fontosabbak, melyeket Prashanth Sams is kiemel könyvében [11]:

* get();

A fenti metódus egy URL címet vár, szöveges formában paraméterként, és annyit csinál, hogy a böngészőt az adott címre irányítja.

Használata: driver.get("http://www.google.com");

* click();

Mint ahogy a neve is sugallja, a click() függvény az egérrel való kattintás műveletét végzi, arra a WebElement-re (lennebb lesz szó róla), amelyre meghívtuk.

Használata: driver.findElement(By.locatorType(„path”));

* sendKeys();

A sendKeys() metódus arra hivatott, hogy egy szövegmezőbe beírhassunk, beilleszthessünk szöveget.

Használata: driver.findElement(By.locatorType(„path”));

* clear();

A fenti metódus arra szolgál, hogy egy szövegmező tartalmát kiürítsük.

Használata: driver.findElement(By.locatorType(„path”));

* submit();

A submit() metódus hasonlít a click() metódushoz, azonban ez egy űrlap <form> elküldésére szolgál. Gyakran használt függvény az ENTER billentyű lenyomása helyett.

Használata: driver.findElement(By.locatorType(„path”));

* getTitle();

Mint neve is sugallja, ez a függvény visszatéríti az aktuális oldal címét. Pontosabban a <title></title> HTML elemensek közötti szöveget.

Használata: driver.getTitle();

* getCurrentUrl();

Ez a függvény visszatéríti az aktuális oldal URL címét.

Használata: driver.getCurrentUrl();

* getPageSource();

Ez a funkció visszatéríti a betöltött weblap teljes forrását. Azonban a módosított DOM az aszinkron (Ajax) hívások miatt nem tükröződik néhány böngészőben. Ehelyett visszaadja a korábban betöltött weboldal forrását. A getPageSource() módszer nem ajánlott a JavaScripteket aszinkron módon betöltő weblapok számára.

Használata: driver.getPageSource();

Gyakori példa a használatára, hogy ellenőrizzük tartalmaz-e az oldal egy adott szöveget.

* close();

A close() metódus kilép vagy bezárja az aktív böngészőablakot és befejezi a munkamenetet.

Használata: driver.close();

* quit();

Ez a funkció leállítja a futó illesztőprogramot (driver) és bezárja az összes böngészőablakot az aktív munkamenet befejezésével.

Használata: driver.quit();

### WebElement-ek és betájolásuk

A Selenium tesztek építőkövei a WebElementek és ezek megtalálása. Ahogy Avasarala Satya is írja könyvében [9], egy weblap számos különböző HTML elemből épül fel, mint például gombok, linkek, űrlapok, szövegdobozok stb. Ezek az elemek a Seleniumban WebElement objektumként szerepelnek. Nézzünk egy egyszerű regisztrációs oldal HTML kódját:

<!DOCTYPE html>

<html>

<body>

<form id=*"registrationForm"*>

<label>Enter Username: </label>

<input type=*"text"* name=*"Username"* />

<label>Enter Password: </label>

<input type=*"password"* name=*"Password"* />

<label>Repeat Password: </label>

<input type=*"password"* name=*"PasswordRepeat"* />

<input type=*"submit"* value=*"Register"*/>

</form>

</body>

</html>

2. példakód - HTML form

A fenti HTML oldal a <html>,<body>,<form>,<label>,<input> elemekből épül fel, melyek összességében alkotják az egyszerű oldalt. Vegyük például a következő elemet: <label>Enter Username: </label> - itt a <label> a WebElement kezdetét jelzi, az „Enter Username:” a WebElement szövegét alkotja, a </label> pedig az elem befejező tag-je. Hasonlóképpen a <input type="text" name="Username" /> - itt a type és a name a WebElement attribútumai lesznek a tartalmukkal együtt.

Egy weboldal automatizálása többnyire arról szól, hogy ezeket az elemeket megtaláljuk és a felhasználó által végrehajtani kívánt műveleteket végezzük el rajtuk.

Az oldal elemensei (WebElement) többféleképpen betájolhatóak:

1. id alapján – By.id
2. név attribútum alapján – By.name
3. css szelektor alapján – By.cssSelector
4. osztály név alapján – By.className
5. xpath alapján – By.xpath
6. link szövege alapján – By.linkText
7. Részleges link szöveg alapján – By.partialLinkText
8. HTML tag alapján – By.tagName

Példa a használatra:

WebElement searchForm = driver.findElement(By.*id*("search-form"));

3. példakód - findElement() függvény használata

Az összes fentebb felsorolt lokátort hasonlóképpen kell használni. A fenti kódrészlet tárolja searchForm nevű változóban a „search-form” id-val rendelkező formot és összes alatta lévő elemet WebElement típusú objektumban.

Érdemes a lokátorokat a következő prioritás szerint használni: id, name, css, xpath. A cssSelector locator típus jó választás lehet dinamikus weboldalak esetén. Ahogyan azt Prashanth [11] és  Satya [9] ajánlja, ha csak lehet érdemes elkerülni az elemek keresését xpath használatával. Prashanth arra hívja fel a figyelmet, hogy az Internet Explorer gyakran hibásan adja vissza az így lekért elemeket, Satya pedig azért ajánlja, hogy csak a legvégső esetben használjuk, mert lassítja a teszteket, mivel a WebDriver így az egész oldalt ki kell elemezze, hogy megtalálja a keresett elemet.

Ez után már csak azt kell megérteni, hogy a findElement(By.locatorType(„path”)) és a findElements(By.locatorType(„path”)) függvények hogyan működnek:

* findElement();

A fenti függvény visszatérési értéke egy WebElement. Pontosabban az az elem, melynek lokátorát beadtuk paraméterként. Ha a lokátor több elemen is rajta van, akkor az elsőt téríti vissza. Ha egyetlen elem sem a tartalmazza a lokátort, akkor NoSuchElementException-t dob a rendszer.

* findElements();

Nem hiába a többes szám, a findElements() függvény visszatérít egy WebElement-eket tartalmazó listát, amelyekre a paraméterként beadott lokátor stimmel. Amennyiben nem található egy elem sem, üres listát kapunk vissza.

Tárolni nem csak WebElementben lehetséges, ott van például a Select. A Select kifejezetten azért lett implementálva a Seleniumba, hogy lenyíló listát könnyebben kezelhessük általa.

* Select select = new Select(By.locatorType(„path”));

Mint látható, ha a Select konstruktorába beadjuk a lenyíló lista útvonalát, akkor létrehoz nekünk egy objektum reprezentációt belőle. Ez után használhatunk olyan függvényeket, mint selectByVisibleText(), selectByValue(), getOptions() – WebElement listát térít vissza stb.

Ha a fentieket tudjuk és értjük a működésüket, ennyi már elég, hogy Selenium teszteket kezdjünk írni, de ha egy keretrendszert szeretnénk építeni, akkor oda már több szempontot kell figyelembe vennünk. A Selenium konkrét alkalmazását és a Cucumber technológiát,bővebben tárgyalom a A teszt keretrendszer című fejezetben.

# Megvalósított rendszer bemutatása

A megvalósított rendszer egy web alkalmazás és ennek a webalkalmazásnak a különböző funkcióit tesztelő Selenium keretrendszer Cucumber és JUnit integrációval. Ezen a rendszeren végeztem a méréseket, hogy megtudjam mikortól érdemes automatizálni a tesztjeinket.

## A Webalkalmazás

A webalkalmazás a MyLibrary nevet kapta, ami egy egyszerű könyv és költő/író nyilvántartó (ajánló) webalkalmazás, ahol az admin joggal rendelkező felhasználók tudnak hozzáadni új könyveket és költőket/írókat a rendszerhez. Minden hozzáadott könyvhöz értelem szerűen rendelhető a megfelelő könyv írója is. Az ötlet annyi, hogy felhasználók ezután tudják értékelni a könyveket és az írókat. Ha új könyvet szeretnének látni a rendszerben, akkor azt egy kapcsolat űrlap segítségével tudják jelezni az adminok számára. Ezen kívül a felhasználók fel tudják venni egymással a kapcsolatot és tudnak véleményt kérni az egyes könyvekről és beszélgetni, vitázni róluk. Mivel a dolgozat célja nem a tökéletes webalkalmazás kifejlesztése volt, hanem az, hogy legyen egy alkalmazás, amin tudunk automatizált teszteket futtatni és kísérletezni rajta, így a fenti ötlet annyira van kivitelezve, hogy elég legyen a tesztek futtatásához és az eredmények leméréséhez.

### Webalkalmazás technológiái

Fejlesztői környezetként az Eclipse IDE volt segítségemre. Az alkalmazás technológiái röviden és tömören a front-end részről a back-end fele haladva sorban:

A front-end dizájnja Bootstrap 4 segítségével lett megvalósítva, ami egy front-end komponens gyűjtemény. Azért szeretem a Bootstrap-et, mert így egy kinézetre összefüggő alkalmazást tudunk építeni és nem kell a formázással tölteni az időt, ráadásul az így írt alkalmazás reszponzív lesz.

Az alkalmazás back-endjét Java nyelven írtam, SpringBoot technológia képezi az alapját. Azért SpringBoot, mert van benne tapasztalatom és mert nagyon kevés konfigurációval lehet Spring alapú webalkalmazásokat építeni.

Továbbá használtam még Thymeleaf szerver oldali sablon motort (template engine) Javahoz, ami abban segített, hogy az adatokat dinamikusan és egyszerűen tudjam a back-endről a front-endre küldeni és megjeleníteni.

Az egyszerűség kedvéért H2 típusú Java SQL memória adatbázist használtam az adatok tárolására. Az adatbázis és a kód közötti kommunikáció JDBC (Java Database Connectivity) és az objektumok perzisztálása a Hibernate - ami egy JPA (Java Persistence API) implementáció - segítségével lett megvalósítva.

### Webalkalmazás architektúra

Az alkalmazás MVC dizájn mintára épül és több rétegre lett bontva: a View réteg felelős a megjelenítésért, a Controller réteg az irányításért, a Service réteg a logikai műveletek végrehajtásáért, a Repository az adatbázissal való kommunikációért (Entitásokon keresztül) és végül az DB (adatbázis) az adatok tárolásáért, ahogy a lentebbi 5. ábra - A webalkalmazás rétegei is illusztrálja.



5. ábra - A webalkalmazás rétegei

Ha megnyitjuk az alkalmazást, az első oldal a főoldal. Ezt két rész alkotja, az első a legjobb értékeléssel rendelkező könyvek top 3-as listája, a második a legjobb értékeléssel rendelkező szerzők top 3-as listája. A weboldal szerves részét képezi a navigációs sáv, amely mindig látható és segítségével navigálhatunk az oldalak között. Az applikáció egyszerűsített térképét, az alábbi ábra illusztrálja:



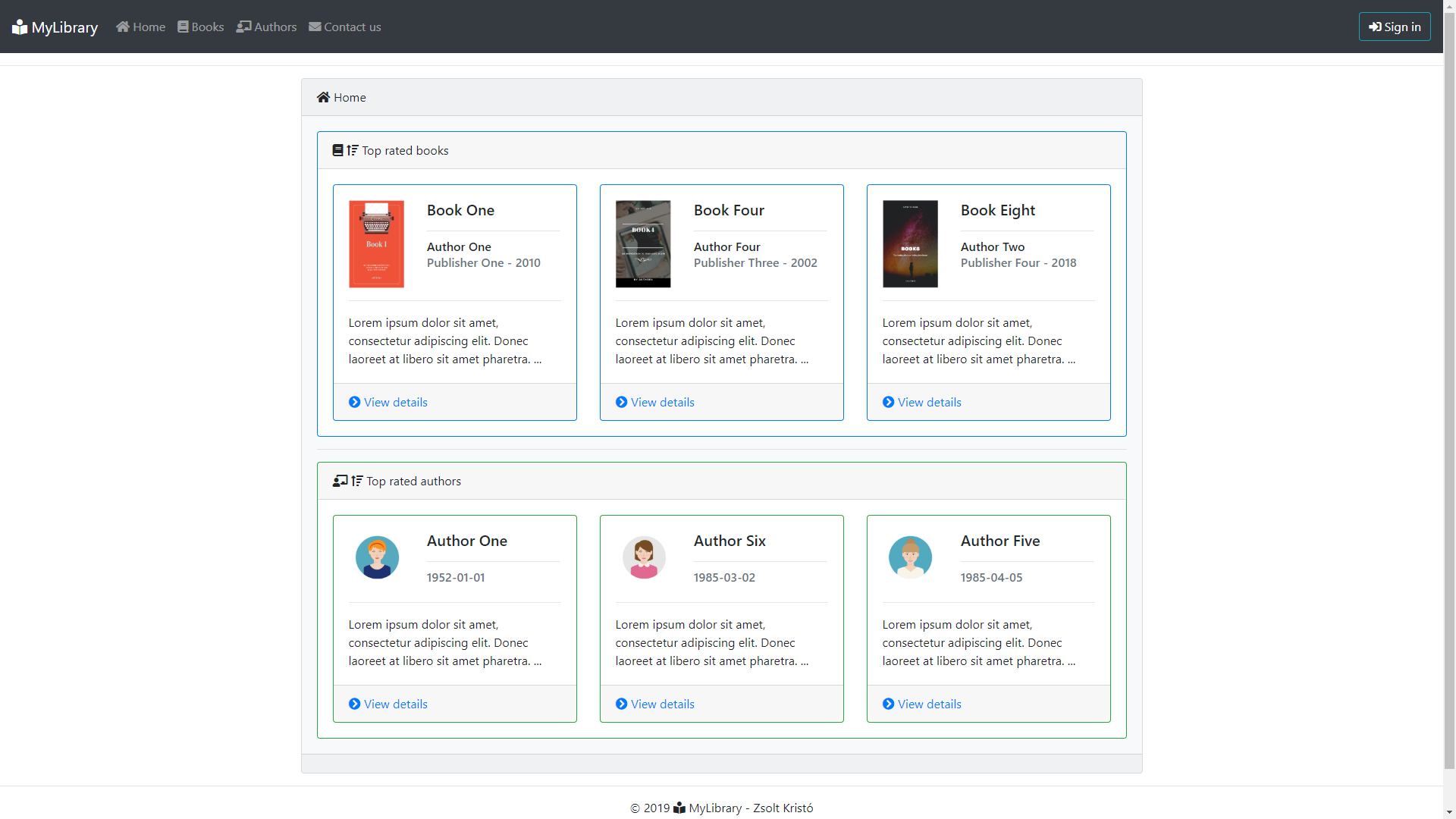
6. ábra - Egyszerüsített térkép az alkalmazás oldalairól

Azért egyszerüsített, mert ebben nincsenek benne azok a funkciók, amik bejelentekzés után vagy jogosultsághoz kötve látszanak. Néhány oldal láthatósága jogosultsághoz van kötve, ezért a fenti ábrát kiegészítve a teljes alkalmazás térképe így nézne ki:



7. ábra - Teljes oldaltérkép

### A webalkalmazás funkciói



8. ábra - HomePage (index)

A HomePage az alkalmazás fogadó oldala (index). Innen lehet navigálni a navigációs menü segítségével a fent látható oldalak bármelyikére, amelyre jogosultsága van a látogatónak.



9. ábra - Navigációs menü alapesetben



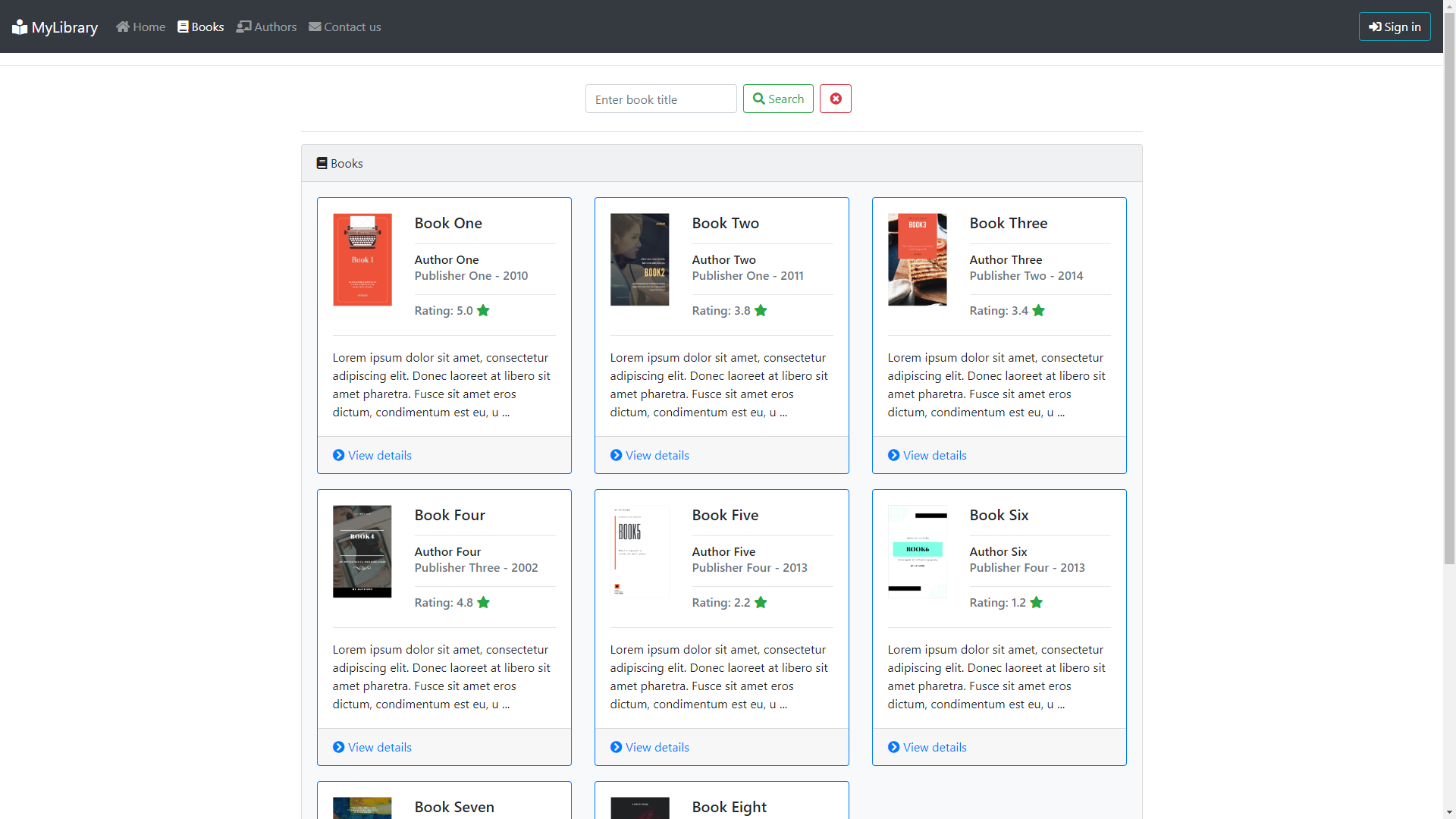
10. ábra - Navigációs menü User jogosultsággal (If Authenticated)



11. ábra - Navigációs menü Admin jogosultsággal (If Admin)

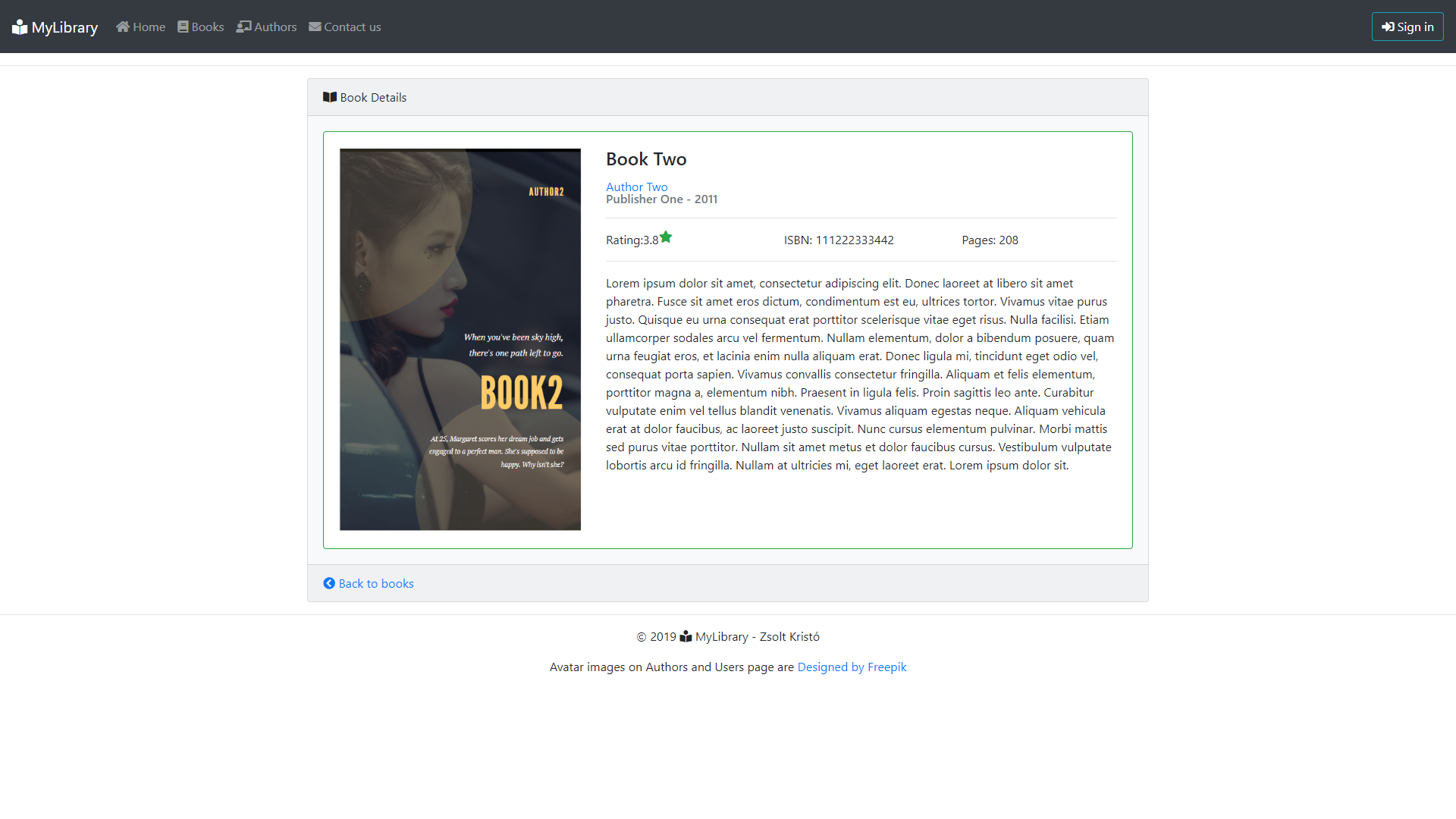
Alapvetően három jogosultsági szint van: látogató, User és Admin. Csak az adminnak van szerkesztési joga (író és könyv hozzáadása, szerkesztése), és ő kezeli a kapcsolati űrlapról beérkező leveleket is. A navigációs menü annak függvényében más, hogy a felhasználónak user vagy admin jogosultsága van, ahogyan azt a 9. ábra, 10. ábra, 11. ábra is illusztrálja.

A Books oldalon a rendszerben tárolt összes könyv listája található, az egyes könyvek borítóképével, szerzőjével, értékelésével, egy rövid, 150 karakteres leírással és az adott könyv részletes információihoz vezető linkel (Book Details Page, 7. ábra). Ezen az oldalon cím szerint lehet keresni a könyvekre. Ugyanezen az oldalon egy „Add New Book” címkével ellátott gomb is megjelenik az admin jogosultsággal rendelkező felhasználóknak, melyre ha rákattint, akkor elnavigálja az Add New Book oldalra, ahol új könyvet tud felvenni a rendszerbe.



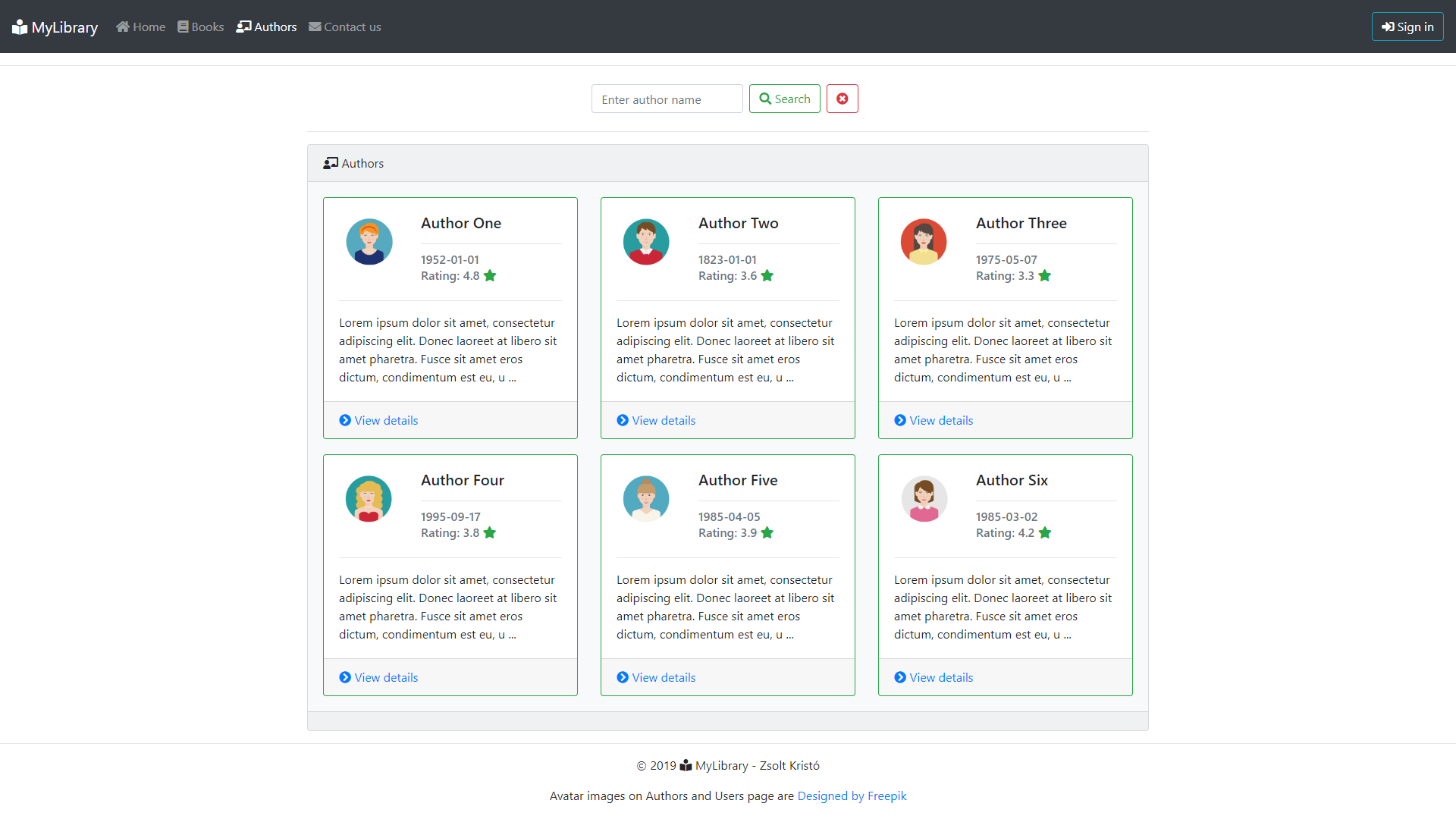
12. ábra - Books Page

A Book Details Page bővebb információt tartalmaz az adott könyvről, pontosabban a könyvről adott teljes leírás itt jelenik meg, valamint innen át lehet navigálni a könyv írójára/ költőjére is. Az alkalmazás továbbfejlesztett változatában itt lehetne a felhasználók hozzászólása a könyvekről.



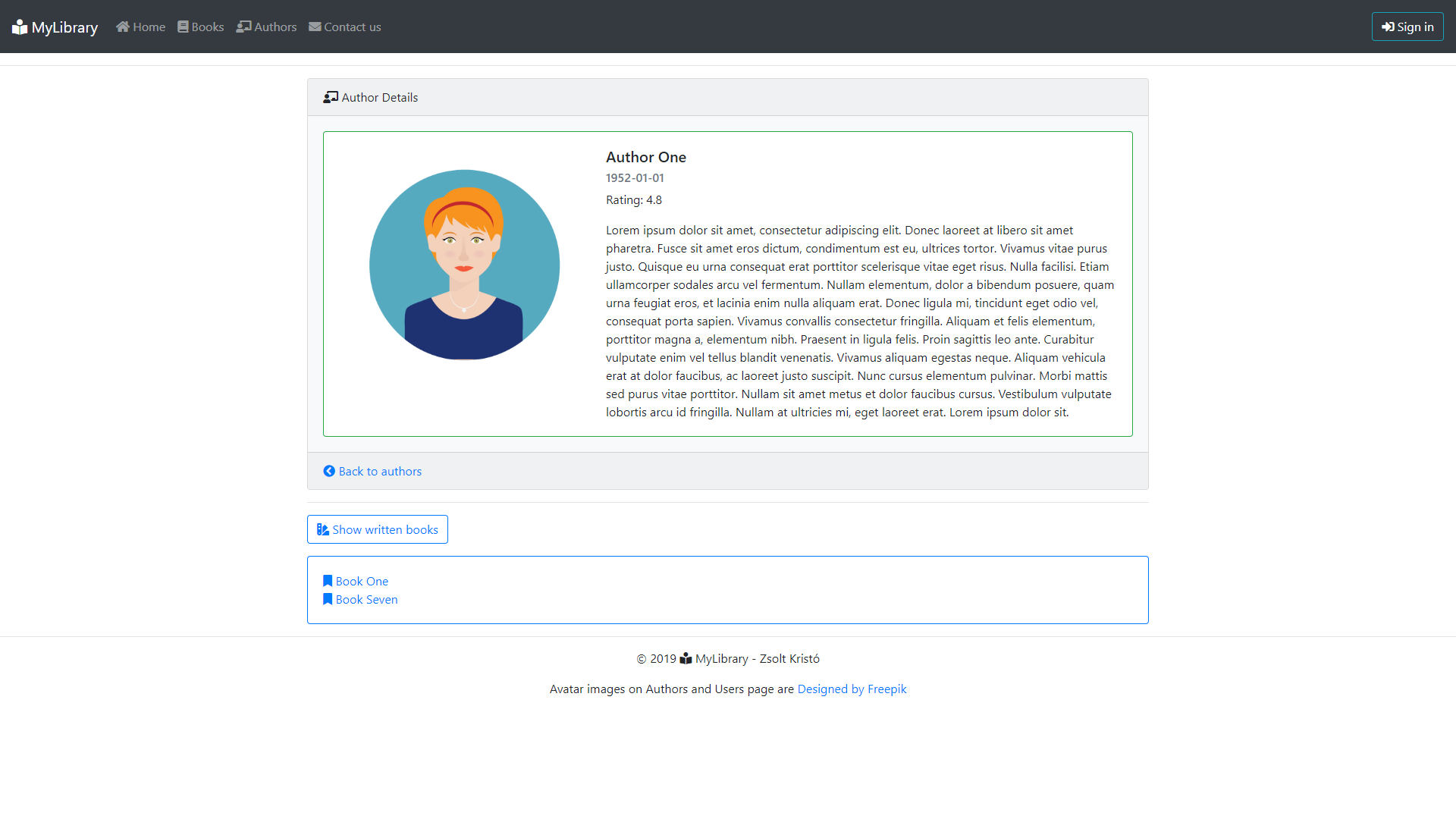
13. ábra - Book Details Page

Az Authors oldal a Books oldalhoz hasonlóan egy listát ad vissza, csak könyvek helyett a költők/ írók listáját tartalmazza, a nevükkel, születési évükkel, értékelésükkel és egy 150 karakteres leírással, valamint egy linkel, ami az adott költő részletes leírásához vezet (Author Details Page).



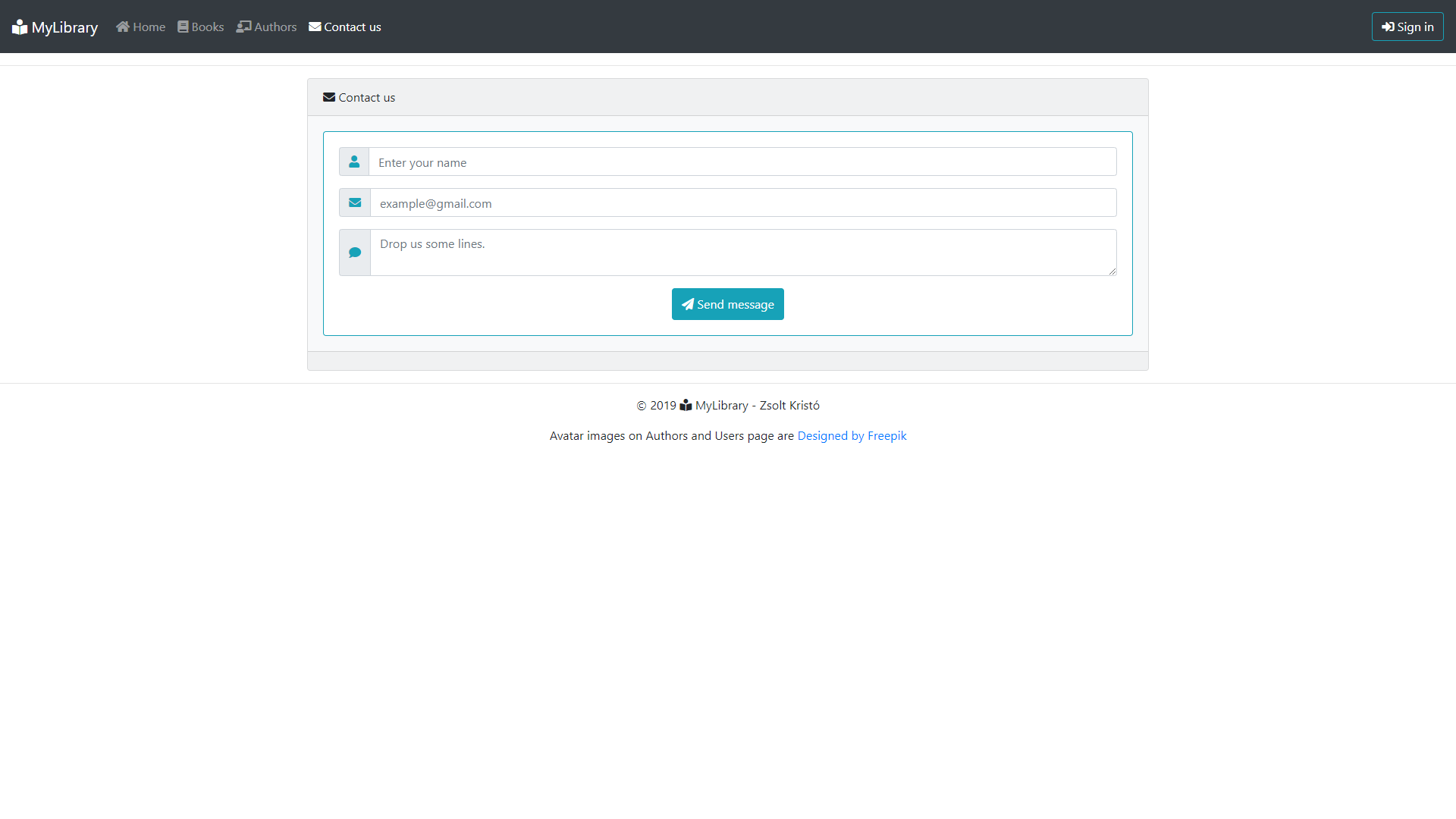
14. ábra - Authors Page

Az Author Details Page tartalmazza az adott író/költő nevét, születési dátumát, értékelését, és egy link- listát az általa szerkesztett könyvekről, ahová el tudunk navigálni akár. Az alkalmazás továbbfejlesztett változatában itt lehetne a felhasználók hozzászólása az íróról.



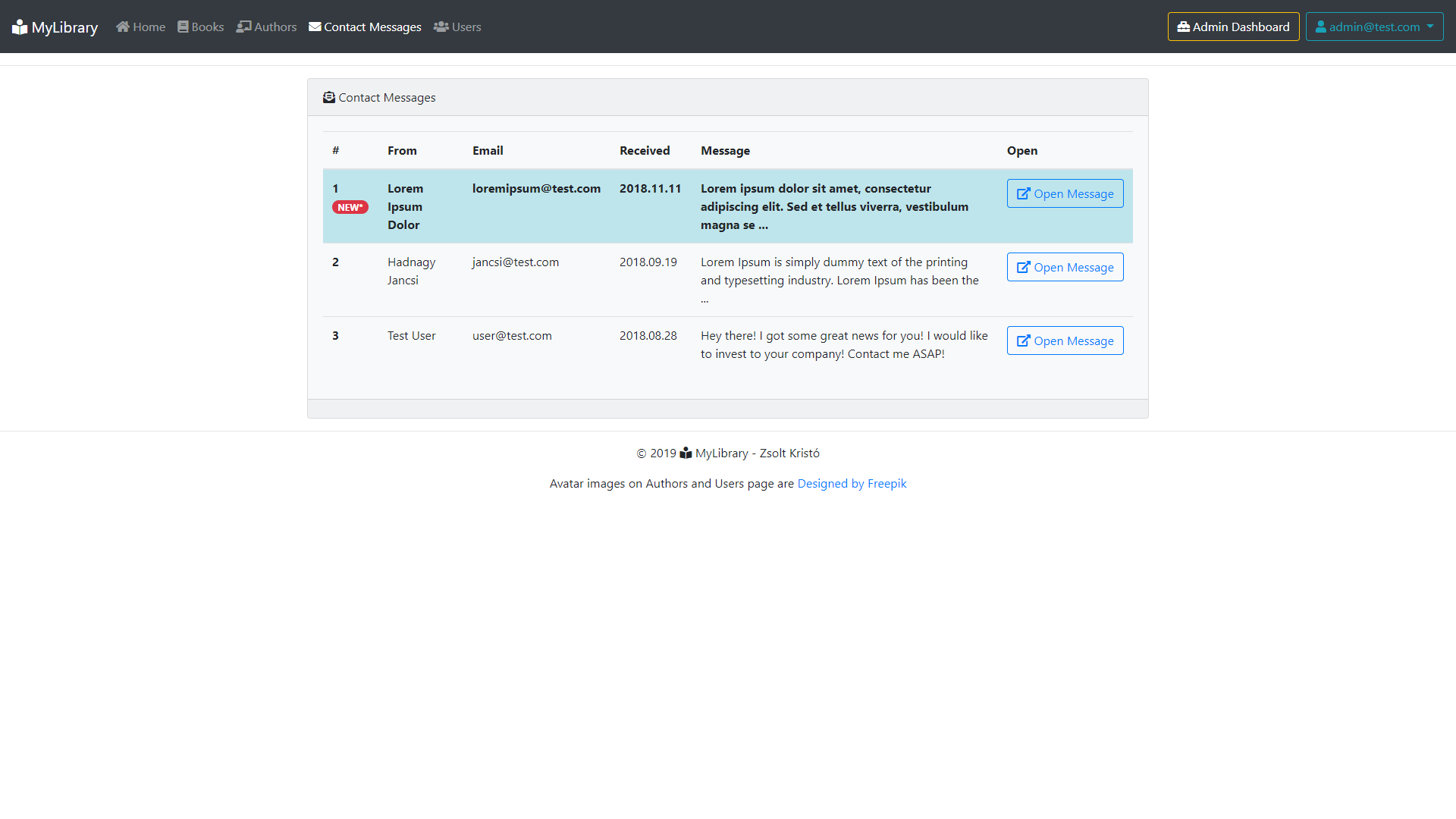
15. ábra - Author Details Page

Contact us oldal. Ez az oldal látógató és user jogosultságú felhasználóknak egyaránt elérhető. Egy contact form-ot tartalmaz, amin keresztül kapcsolatba tudnak lépni az adminokkal, üzemeltetőkkel. A formon a következő három mező kitöltése kötelező: név, email cím, üzenet. Ha ezt elküldi a felhasználó, akkor az adminok a Contact Messages oldalon tudják elolvasni, törölni és/ vagy válaszolni rá. Ha admin jogosultságú felhasználó van bejelentkezve a rendszerbe, akkor a navigációs menüben alapból Contact Messages menüpont jelenik meg. Lásd 11. ábra.



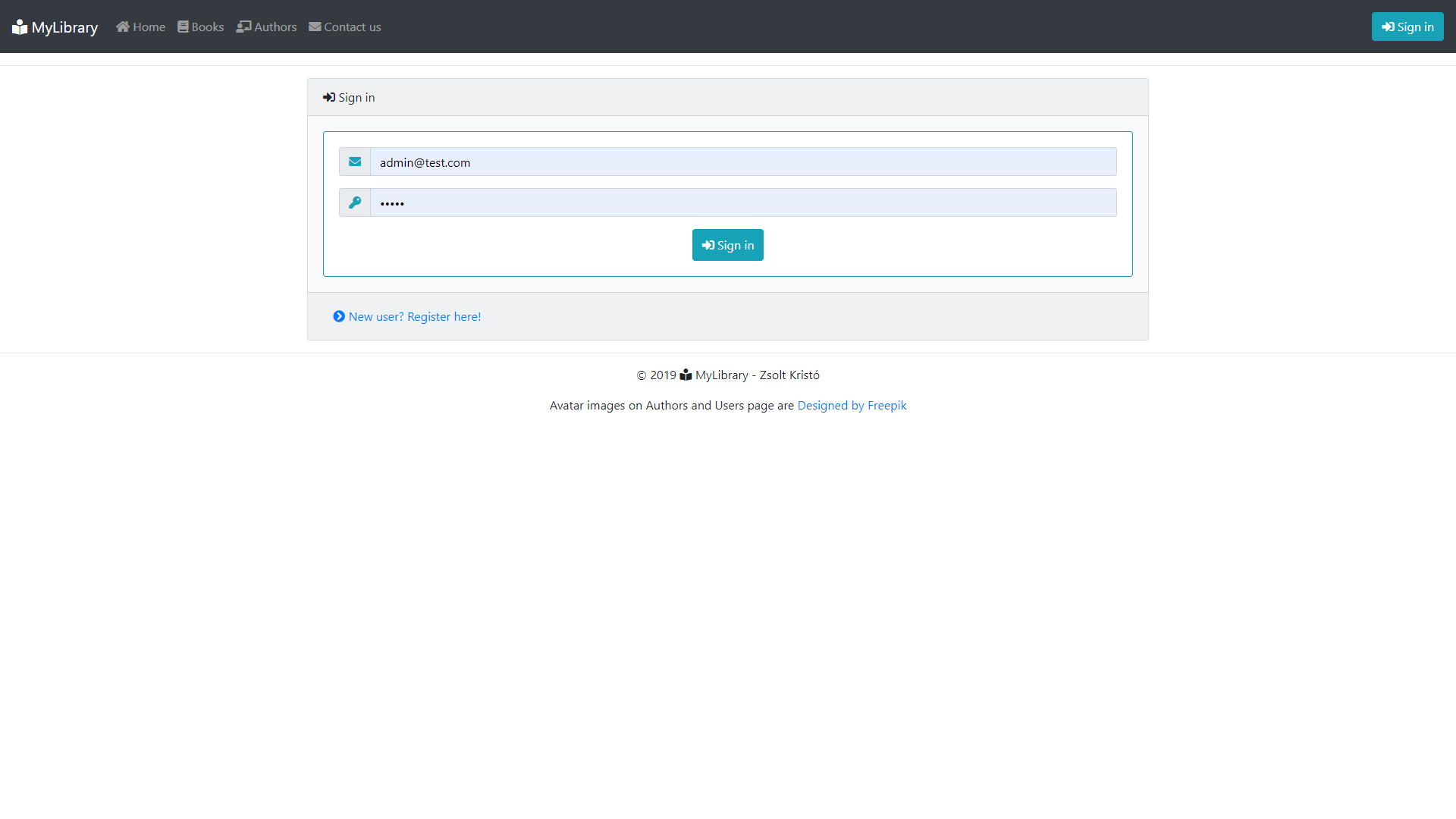
16. ábra - Contact us Page

Contact Messages oldal. A Contact us oldal helyett, ha admin jogosultságú felhasználó van bejelentkezve, ez az oldal jelenik meg. Itt az adminok, mint az előző bekezdésben említettem, tudják kezelni a Contact us oldalról érkező üzeneteket.



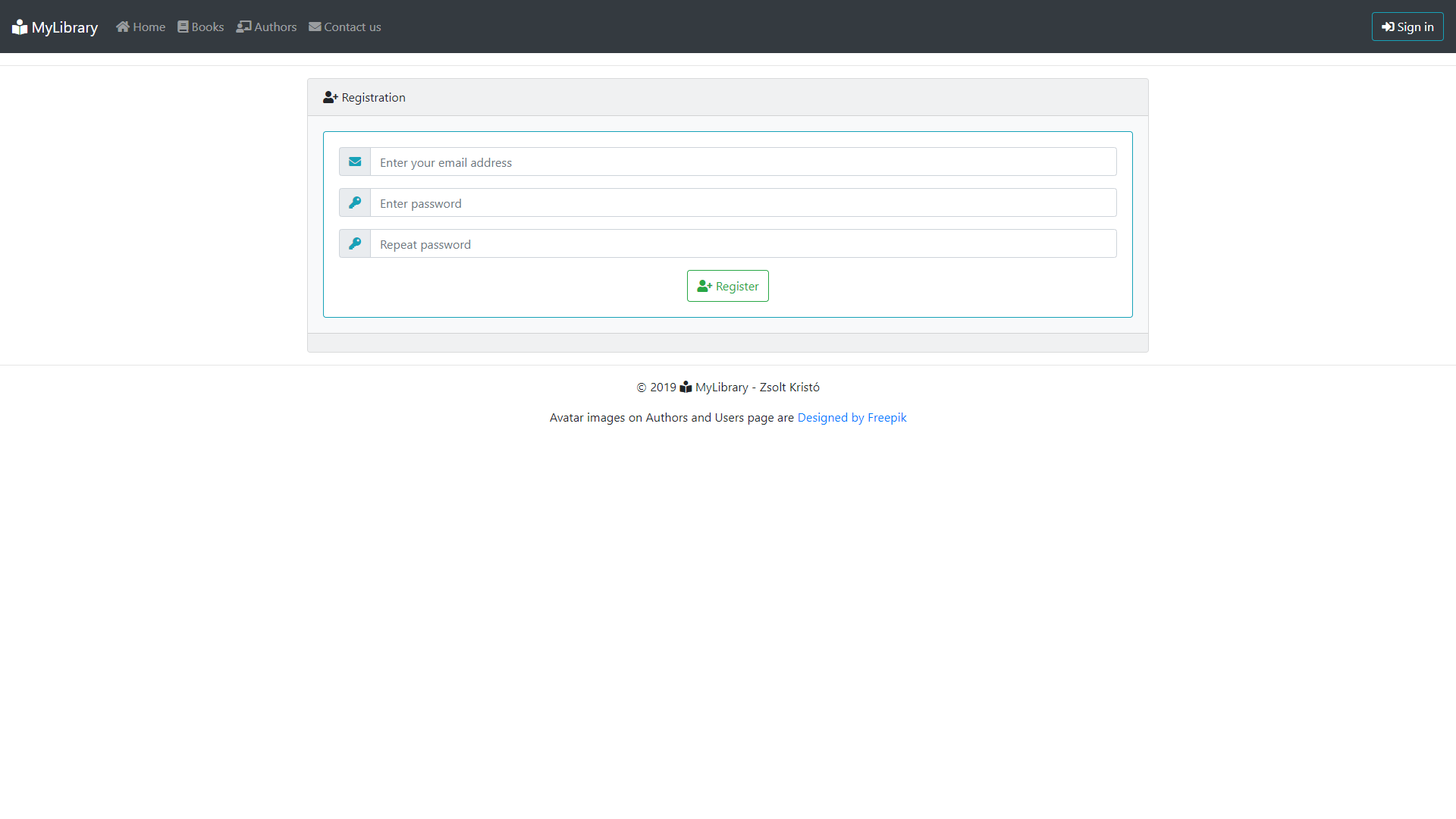
17. ábra - Contact Messages Page

Sign in oldal. Ezen az oldalon kereszül van lehetőségük a felhasználóknek bejelentkezni a rendszerbe a helyes e-mail cím és jelszó párossal. Ez az oldal tartalmazza a regisztrációs (Registration) oldalra vezető linket is. Az alkalmazás továbbfejlesztett verziójában lehetőséget adhatnánk a felhasználónak új jelszó generálására, ha esetleg elfelejtené azt.



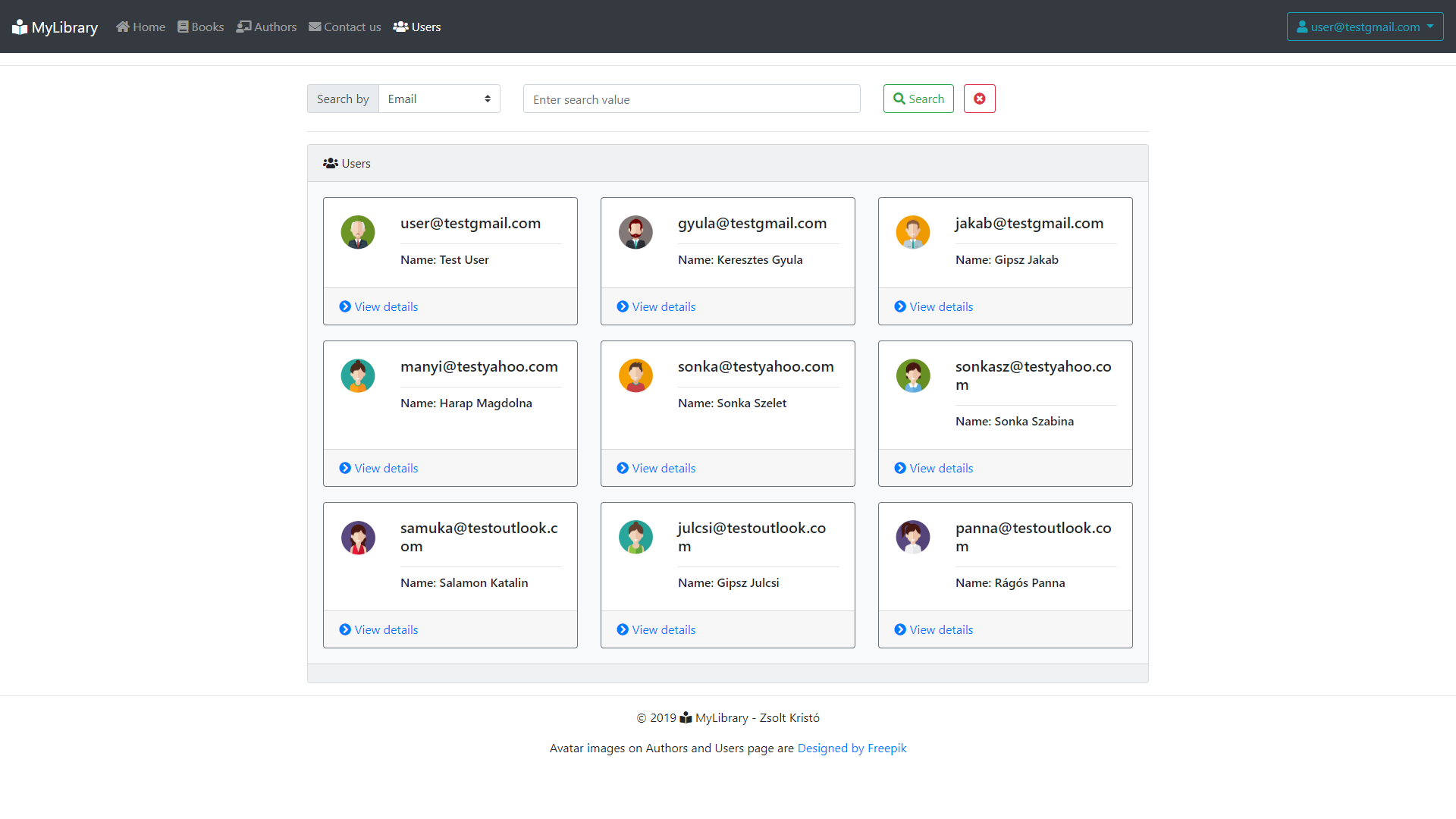
18. ábra – Sign in Page

A előbb említett Registration oldalon van lehetősége a látogatóknak, hogy user jogosultságot szerezhessenek, ezáltal bekerüljenek a rendszerbe és tudjanak hozzászolni, értékelni könyveket, írókat/költőket. Az alkalmazás továbbfejlesztett változatában lehetne ellenőrizni azt is, hogy a felhasználó valóban emberi lény-e, illetve lehetne csak akkor aktiválni a profilt, ha a felhasználó e-mail címben megerősíti a szándékát.



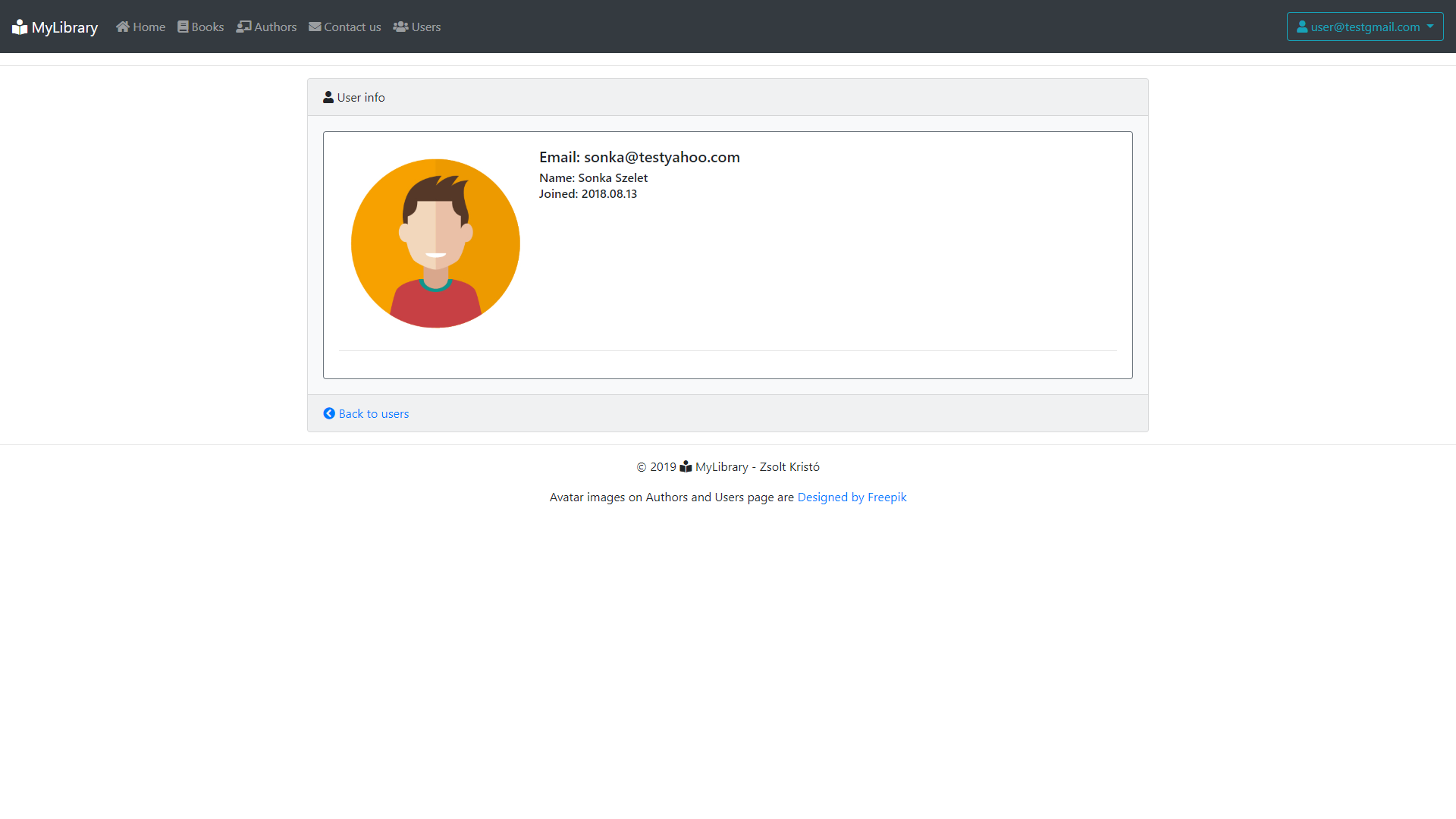
19. ábra - Registration Page

A Users oldal. Ez a funkció csak a regisztrált felhasználók és adminok számára elérhető. Ez az oldal az összes regisztrált felhasználó listáját tartalmazza, azok e-mail címével, nevével, avatarjával és a linkel, ami az adott felhasználó bővebb információs oldalához vezet (User Details Page). Ezen az oldalon lehet email cím és név szerint keresni a felhasználók között (az adminok nem jelennek meg).



20. ábra - Users Page

User Details Page. Ez az oldal az egyes regisztrált felhasználó adatait mutatja: név, email cím, regisztrációs dátum, rövid önéletrajz (amennyiben ad leírást magáról), és az avatart nagyobb méretben.

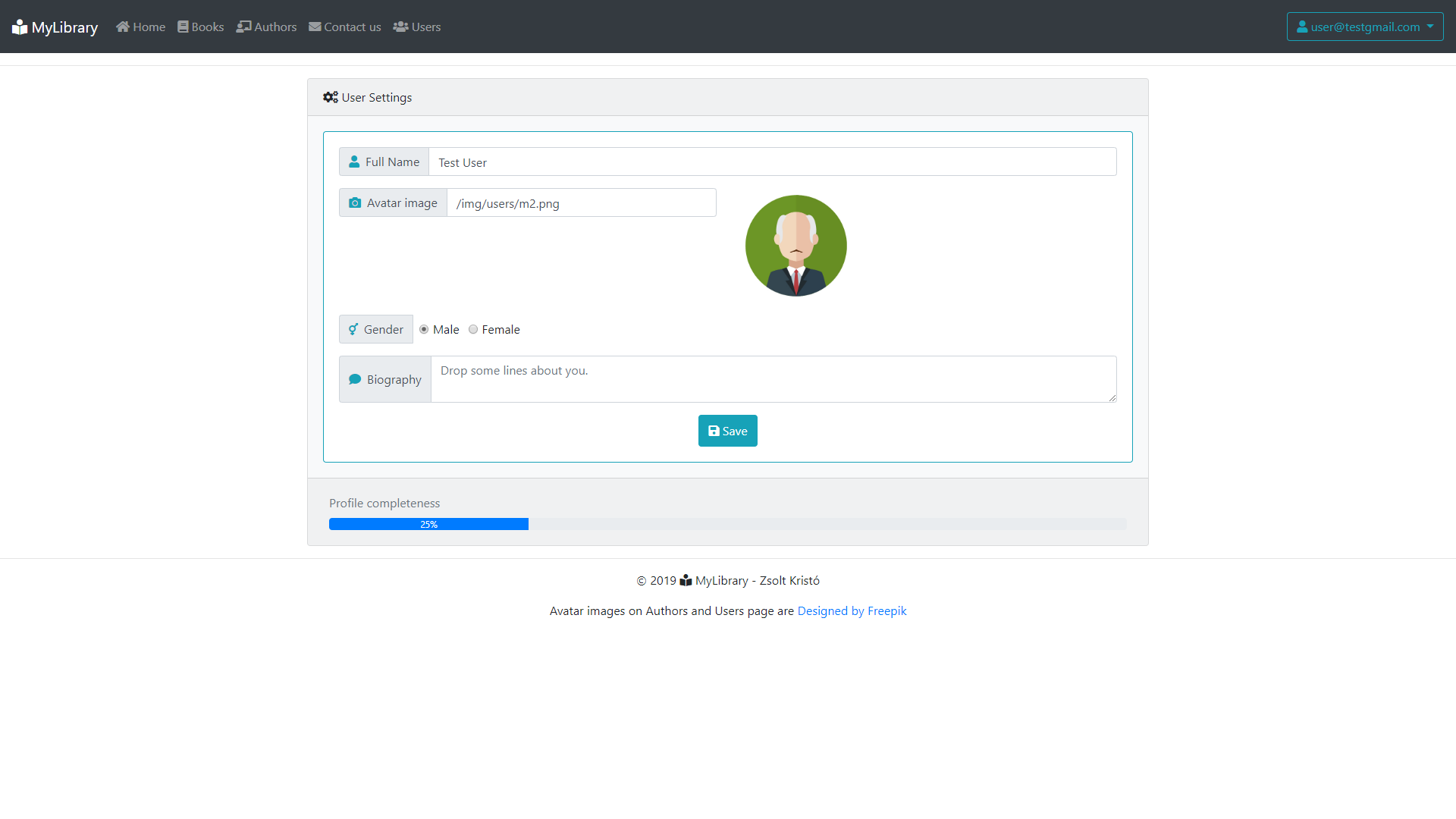


21. ábra - User Details Page

User Settings. Ez a funkció szintén csak regisztrált felhasználóknak elérhető, itt tudják állítani a saját magukra vonatkozott információkat, mint név, avatar, nem, rövid bemutatkozó szöveg. Úgy lehet ide jutni, ha a navigációs menüben a bejelentkezett felhasználó e-mail címére kattintunk. Ekkor megjelenik egy lenyíló menü és itt lehet kiválasztani a Settings menüpontot. Lásd az alábbi 22. ábra. Az alkalmazás továbbfejlesztett változatában itt állíthatnák a felhasználók, hogy mely információ jelenjen meg róluk a User Details oldalon.



22. ábra - User Settings és Sign out oldalak



23. ábra - User Settings Page

Sign out link. Ez a User Settings menüpont alatt jelenik meg, egy link, melyre ha rákattintunk a Sign in oldalra vezet, egy visszajelző üzenettel, mely szerint a kilépés sikeres volt.

Dióhéjban ennyi az alkalmazás, egyszerű struktúra, de minden van benne, ami a tesztek és mérések elvégzéséhez szükséges. A továbbiakban a teszt keretrendszert fogom tárgyalni.

## A teszt keretrendszer

A már meglévő webalkalmazásra tehát lehet építeni egy teszt keretrendszert. Ez a keretrendszer a Selenium WebDrivert használja a felhasználói felület automatizálására. A keretrendszer PageObject model dizájn mintát követ, hogy karbantartható és átlátható legyen. A Cucumber integráció azért szükséges, mert azt szerettem volna, ha a tesztek lépéseit megérti egy olyan ember is, aki nem feltétlenül ért a programozáshoz, ugyanis így a tesztek lépései természetes szövegként vannak leírva és a lépések maguk a tesztek dokumentációja is egyben. A JUnit pedig azért került a képbe, mert van tapasztalatom a használatában és mert így az automatizált tesztek futásáról visszajelzést kapunk nem csak a konzolon, hanem a JUnit ablakában is, ahol mutatja a tesztek futási idejét és sebességét is, sőt, az eredményeket elmenthetjük egy generált fájlba a későbbiekben.

### Selenium

### Selenium WebDriver

A WebDriver használata igencsak egyszerű. Származtatunk egy új böngésző drivert, és már használhatjuk is minden funkcióját. A Selenium rengeteg böngészőt támogat, ha szeretnénk használni, akkor le kell tölteni annak a driverét. Ezek ingyenesen elérhetőek, sőt, ha származtatunk egy böngészőt és futtatjuk a tesztet, de a driver nincs hozzá rendelve, akkor a konzolra kiírja az adott driver elérési linkjét. Ez önmagában nem elég a működéshez, mert meg kell mondani a kódnak, hogy hol keresse a Selenium ezt a drivert, például így:

System.*setProperty*("webdriver.chrome.driver","C:\\chromedriver.exe");

4. példakód - böngésző driver beállítása

Röviden ennyiből már használható és automatizálható egy teszt eset. Számomra ez a megoldás nem volt szimpatikus, mert nem szeretném szennyezni a kódot konfigurációval, ezért inkább úgy oldottam meg a driverek elérését, hogy letöltöttem őket, amelyekre szükségem van (chrome, internet explorer, firefox, opera), betettem egy mappába és a mappát beállítottam, mint környezeti változó. Íly módon elhagyható a fenti konfigurációs kódsor.

Ha rákeresünk az interneten a Selenium WebDriver használatára, legtöbb tutorial ennyiről szól. Beállítjuk a WebDrivert, elindítjuk a böngészőt, valami műveletet elvégzünk és aztán bezárjuk azt. Egy teszteset mellett ez rendben is van, de képzeljük el, hogy 10 tesztünk van. Ha minden esetet úgy írnánk meg, mint ahogy azt a 1. példakód –ban mutattam, az átláthatatlansághoz vezetne. Nem beszélve arról, hogy ha más böngészőben szeretnénk futtatni, akkor mind a 10 tesztben meg kell módosítani a böngésző származtatását. Képzeljük el ugyanezt a helyzetet 100 teszteset mellett. Na itt már szükség van absztrakcióra és alapvető objektum orientált programozói tudásra is.

Személy szerint úgy oldottam meg ezt a problémát, hogy létre hoztam egy Browser nevű osztályt, ahol származtattam a drivert és ez az osztály publikus, statikus függvényeket tartalmaz, melyek a driverrel működnek közre. Ezt az osztályt használom arra, hogy a webdriver függvényeit meghívjam, így központosítva van az, hogy milyen böngészőt használok, és az osztálynak annyi lesz a felelőssége, hogy a böngészővel interakcióba lépjen, semmi más.

Ezzel annyit értünk el, hogy a tesztekben nem szerepel a driver definíció. De ettől még nem lettünk megváltva, mert ha így írjuk a teszteket, a sok duplikált kódrészlet nem lesz megszűntetve. Itt jön képbe a Page Object model.

### Page Object Model

A Page Object Model egy nagyon elterjedt tervezési minta (design pattern), amit azért találták ki, hogy a tesztekhez írt kód fenntarthatóvá, jobban átláthatóvá és könnyebben olvashatóvá váljon. Ezt a tervezési mintát ajánlják a [9], [11] és [12] forrásban is.

Egy weboldalt oldalak alkotnak, amik között tudunk valamilyen formában navigálni. Ha egy modern, úgynevezett „single page application”-ról van szó, azon is alkalmazható ez a minta, mert az alkalmazás ugyanúgy oldalakból áll, csak a betöltődésük dinamikus. A minta lényege (ahogy a nevéből is adódik), hogy az alkalmazást oldalak szerint lebontjuk, és minden oldalnak megfeleltetünk egy saját objektumot. Így minden oldalnak meglesznek a saját felelőssége, funkciói és saját függvényei, elkerülve ezzel a kavarodást és a kód duplikációját.

Az általam írt keretrendszerben is ezt a mintát használtam és a következőképp bontottam fel a webalkalmazás oldalait objektumokká:



24. ábra - A webalkalmazás oldalai megfeleltetve egy-egy Java objektumnak

Az egyes oldalak objektumában aztán létrehoztam azokat a függvényeket, melyek specifikusak az adott oldalra. Például: LoginPage.java-ban van egy olyan függvény, hogy „clickOnRegistrationLink()”. Ez a függvény csak a LoginPage-re jellemző, ugyanis csak ezen az oldalon található a regisztrációs oldalra vezető link. A többi osztályban hasonlóan, az adott oldalra vonatkoztatott egyedi függvények vannak létrehozva.

Ami minden oldalban közös, azt megpróbáltam kiemelni egy Page nevű absztrakt osztályba, amit minden oldal kiterjeszt, kivéve a MenuBar.java. Ezt az osztályt azért hoztam létre, hogy legyen egy osztály, aminek a felelősség a navigációs menüvel való interakció és tartalmaz minden olyan függvényt, amit a navigációs menü irányításához használhatunk. Az oldalaknak megfeleltetett java osztályokról a Teszt keretrendszer arhitektúra címszó alatt fogok bővebben szót ejteni.

### Cucumber

Mint ahogy azt a [13] forrás gyönyörűen leírja, egy szoftver az nem más, mint egy jó öltlet megvalósítása. Legtöbb esetben az ötlet gazdája nem rendelkezik elegendő tudással ahhoz, hogy megvalósítsa önerőből az ötletét, ezért azt kell tudja kommunikálni egy olyan ember felé vagy egy egész csapat felé, aki/akik segít neki a megvalósításban. Ezért kulcsfontosságú szerepet játszik a kommunikáció a két fél között, hogy a kivitelezés helyes legyen. Itt jön képbe a BDD és a Cucumber, mert általa maga a product owner is írhatja az alkalmazást és annak lépéseit.

A Cucumber egy BDD (Behavior Driven Development) megvalósítás, mely lehetővé teszi, hogy természetes nyelven (Gherkin szintaxis) fogalmazzuk meg a tesztjeinket. A Cucumber hivatalos oldala [14] úgy foglalja össze két szóban a keretrendszert, mint „Executable Specifications” vagyis Futtatható Specifikációk. Ugyanis a Cucumber által leírt tesztek nem csak a azok lépéseit tartalmazzák, hanem, mivel bárki számára érthető szintaxist használ (Gherkin), ezért a fájlok a tesztek specifikációi is lesznek egyben.

A BDD, vagyis Behavior Driven Development kiegészítése a TDD-nek (Test Driven Development).



25. ábra - BDD, ahogy TDD-re épül Forrás: [15]

Ahogy a fenti ábra mutatja, a TDD fejlesztési folyamata úgy épül fel, hogy írunk egy tesztet, ami elbukik, aztán megírjuk a szükséges kódot ahhoz, hogy a teszt épp sikeres legyen, refaktorálunk majd újra kezdjük a folyamatot. A probléma ezzel az, hogy itt a teszt van a középpontban és elfelejtődhet a kérdés, hogy valóban szükség van-e arra a tesztre, kódra, funkcióra és vajon hogyan viselkedhet a felhasználó.

A különbség BDD és TDD között inkább a fókuszban rejlik. A BDD nem a tesztre összpontosít, hanem a felhasználó viselkedésére. A Cucumber egy implementációja ennek, mely Gherkin nyelvet használ arra, hogy leírjuk a felhasználó viselkedését és a rendszer válaszát az adott viselkedésre. Ezt a viselkedést Cucumber esetén úgynevezett feature fájlokba írjuk. Erre egy egyszerű példa:

Feature: Home Page Test

I want to test if the home page is working correctly.

Scenario: Can Go To Homepage

Given A web browser

When I enter the webapplication address to the address bar

Then I should be redirected to MyLibrary homepage

5. példakód - Cucumber feature

A fenti kódrészben a Feature, Scenario, Given, When, Then mind a Gherkin nyelv kulcsszavai, melyek azért szükségesek, hogy általuk a Cucumber össze tudja kötni a leírást a kóddal. A kulcsszavakat leszámítva teljesen hétköznapi nyelven van megfogalmazva mindaz, aminek történnie kellene.

Értelmezzük a 5. példakódot:

* A Feature kulcsszó egy szoftver funkció magas szintű leírása. Ez a kódban nem játszik szerepet, inkább a dokumentációban fontos, hogy tudjuk, milyen funkcióval foglalkozik az adott fájl.
* A Scenario kulcsszó egy konkrét eset címe, leírása
* A Given, When, Then a Scenario lépéseit (Step) írják le
  + A Given kulcsszó segítségével definiáljuk a kontextust
  + A When kulcsszó segítségével leírunk egy cselekvést vagy eseményt
  + A Then segítségével leírjuk, hogy mi az elvárt eredmény

A fenti kulcsszavak mellett a projektemben használtam még a következőket:

* Scenario Outline – arra használjuk, hogy ugyanazt a Scenariot többször futtassuk más-más bemeneti értékekkel
* Examples kulcsszó segítségével tudjuk meghatározni a Scenario Outline bementei értékeit táblázatos formában
* And, But – az olvashatóság érdekében kötőszóként használjuk, mint lépés leíró Given, When, Then mellett. lásd a lenti példát:

A lenti példa teljes mértékben a Cucumber hivatalos oldaláról [14] származik és nagyon jól szemlélteti az And és But kulcsszavak jelentőségét:

Amikor több kulcsszó ismétli egymást, így is írhatnánk:

Example: Multiple Givens

Given one thing

Given another thing

Given yet another thing

When I open my eyes

Then I should see something

Then I shouldn't see something else

6. példakód - And, But nélkül Forrás: https://cucumber.io/docs/gherkin/reference/

Vagy olvashatóbbá tehetjük a leírást, ha And és But kulcsszavakat használunk

Example: Multiple Givens

Given one thing

And another thing

And yet another thing

When I open my eyes

Then I should see something

But I shouldn't see something else

7. példakód - And, But használatával Forrás: https://cucumber.io/docs/gherkin/reference/

A kulcsszavak teljes listáját a Cucumber hivatalos oldalának [14] dokumentációjánál lehet elolvasni, ahol nagyon jól leírják és példákkal szemléltetik az egyes Gherkin szavak használatát.

A Cucumber úgy köti össze a java kódot a neki megfelelő feature fájlokkal, és annak lépéseivel, hogy a java függvény fölött megjelenik majd a szöveg, ami az adott lépést tartalmazza. Úgy is mondhatnám, hogy a Given, When, Then, And/But kulcsszavakkal meghatározott mondatok, kódban egy-egy függvény lesznek. Az 5. példakód java függvényei így néznek ki:

@Given("A web browser")

**public** **void** openTheBrowser(){…}

@When("I enter the webapplication address to the address bar")

**public** **void** iEnterTheApplicationUrl(){…}

@Then("I should be redirected to MyLibrary homepage")

**public** **void** iShouldBeRedirectedToMyLibraryHomepage(){…}

8. példakód - Cucumber feature fájlok és java függvények kapcsolata

A fenti kulcsszavak kombinációjából sikerült felépítenem a keretrendszerem tesztjeit. A projektem 11 feature fájlt tartalmaz, melyekben 20 Scenario és 6 Scenario Outline van. Összesen 162 lépést (Given, When, Then, And/But) végez el a rendszer.

Egy nagyon pozitív dolog, hogy ha megírtunk egy lépést (Step), és az ahhoz tartozó kódot is, akkor a Cucumber felismeri, hogy létezik és nem kell újra megírni más feature fájlokban, ha ugyanazt a leírást adjuk meg mindkettőnél.

Összefoglalva: a TDD-vel ellentétben itt nem az a lényeg, hogy a teszt átmenjen, hanem az, hogy a kód azt csinálja, ami a Feature-ben le van írva. Ahogy Catalin Tudose említi a kurzus [16] bevezetőjében: a BDD segít abban, hogy ne csak helyesen csináljuk a dolgokat, hanem hogy a jó dolgokat csináljuk (teszteljük). És az, hogy mi a jó, ezt az ötlet gazdája tudja igazán leírni és elmagyarázni hétköznapi nyelven úgy, hogy érthető legyen a fejlesztők számára is. Ezért lehet nagy érték a Cucumber egy projektben.

### JUnit-al való integráció

A JUnit egy egyszerű teszt keretrendszer javahoz, mely segít a tesztek írásában, futtatásában és az egyes eredmények összehasonlításában (Assertion). Ennyi az egész. Pont azért lett integrálva a keretrendszerbe, hogy ezeket a feladatokat ellássa. Alapszintű jelentést is visszaad a tesztek futási idejével Feature és Scenario szintre lebontva, valamint arról, hogy az összes teszt mennyi ideig futott és hogy hány volt sikeres illetve sikertelen.

### Teszt keretrendszer arhitektúra

A teszt keretrendszer alapjait a Selenium WebDriver alkotja, általa automatizálható lett a böngésző, a tesztek kódjának olvashatóságát, karbantartahóságát a Page Object Model minta alkalmazásával javítottam, a tesztek tartalmát és annak nem technikai személyek által való megértését a Cucumber használata teszi lehetővé és a tesztek futtatásáért, visszajelzéséért a JUnit felelős. Az alábbiakban arról szeretnék beszélni, hogy ezek a technológiák hogyan alkotnak egy nagy teszt automatizálási keretrendszert.

A projekt egy Maven projekt. Nem lenne kötelező Mavent használni, mert a külső könyvtárakat össze lehetne gyűjteni nélküle is. Személy szerint azért részesítem előnyben a Maven projektet, mert egyszerű dependencia és build kezelést tesz lehetővé a használata.

Nagyvonalakban a rendszer így néz ki:



26. ábra - A teszt keretrendszer rétegei

A fenti 26. ábra mutatja a teszt keretrendszerem rétegeit. Legfelül a JUnit van, hiszen annak segítségével futtatom a teszteket. Alatta a Cucumber, ami tartalmazza a már említett Feature fájlokat, amikben le vannak írva Gherkin szintaxissal a teszt lépések, funkciónként. A következő réteg már a kód rétege, ez több mindent magába foglal, ugye ott a Selenium WebDriver és a PageObject model, ezt később tárgyalom bővebben, az egyszerűség kedvéért az ábrán csak mint Selenium Web Driver szerepel. Ez alatt már csak a konkrét böngésző driver szintje van, ami irányítja a böngészőt, ezzel nekünk csak annyi a dolgunk, hogy a böngésző verziójának megfelelő driver legyen betöltve a rendszerbe.

Ebben a sorrendben bontsuk ki a rétegeket és nézzük, hogy mit hogyan valósítottam meg:

A JUnitot nem módosítottam, mint ahogy fennebb említettem, csak arra használtam, hogy a Cucumber teszteket lefuttassam és az eredményeit megkaphassam, ami kódot kellett írnom ehhez, körülbelül 10 sor.



27. ábra - JUnit TestRunner.java

Mint ahogy a 27. ábra mutatja, létre hoztam egy TestRunner.java osztályt. Ebben van két számunkra érdekes annotáció:

* @RunWith()
  + a fenti annotáció monjda meg a JUnitnak, hogy használjon Cucumbert a futtatáshoz
* @CucumberOptions()
  + mint ahogyan neve is sugallja, ezzel az annotációval tudunk további beállításokat adni a Cucumber számára
  + features="src/test/resources/features" – ezzel a sorral mondom meg a Cucumbernek, hogy hol keresse a feature fájljaimat. Nem lenne erre szükség, ha a feature fájlok a TestRunner osztály mellett lennének, de az átláthatóság érdekében át tettem őket a test/resources/features mappa alá
  + glue= {"stepdefinitions"} – ezzel a paranccsal jelzem a Cucumbernek, hogy a feature fájloknak megfelelő java függvények melyik package-ben vannak
  + plugin = {"json:target/cucumber-report/cucumber.json"} – ezzel a sorral mondom meg, hogy a junit eredményeit mentse ki a target/cucumber-report mappába, cucumber néven és JSON formátumú fájlba
* A @BeforeClass annotációval jelzem a JUnitnak, hogy ennek a függvénynek azelőtt kell lefutnia egyszer, mielőtt a teszteket futtatni kezdené. A mi esetünkben ezen a ponton inicializáljuk a böngésző drivert és nyissuk meg a böngészőablakot.
* Az @AfterClass annotációval jelölt függvény akkor fut le, amikor minden teszt befejezte a futását. Esetünkben arra haszáljuk, hogy bezárjuk a böngészőablakot.

Ennyi a JUnit szintje.

A következő szint a Cucumber szint. Nézzük, hogy hogyan alkottam meg a feature fájlok struktúráját:

A Cucumber feature fájlokat a projekt alatt az src/test/resources/features mappába hoztam létre. Mivel a webalkalmazásnak három jogosultság szintje van, ezért itt is igyekeztem a feature fájlokat eszerint csoportosítani, vagyis az admin jogosultsággal rendelkező felhasználók oldalainak funkcióit az admin mappa alatti feature fájlokkal fedem le, a user jogosultságú felhasználók oldalait az authenticated mappa fedezi, a common mappa pedig azokat a feature fájlokat tartalmazza, melyek megjelennek a látogatóknak. Lásd a lenti 28. ábra.



28. ábra - Cucumber Feature fájlok

Ahogyan az előbbi ábrán is látszik, a feature fájlok az egyes oldalaknak vannak megfeleltetve. A webalkalmazásom összetettségéből kifolyólag elegendő volt oldal szintre lebontani a funkciókat, ám ha egy bonyolultabb rendszerről lenne szó, akkor érdemes lehet tovább bontani a tesztelendő funkciókat (feature). Az általam létrehozott feature fájlok nem fedik le az alkalmazás 100%-át. Úgy gondolom, hogy fölösleges lenne minden apró funkciót külön tesztelni. A feature fájljaim a fő funkciók tesztleírását tartalmazzák, melyek sorrendben:

1. Az admin mappa feature fájlai

* AddNewAuthorPage.feature
  + Scenario1: Admin joggal való bejelentkezés után megjelenik-e az új költő/író hozzáadása funció?
  + Scenario2: Admin joggal való bejelentkezés után működik-e az új költő/író hozzáadása funkció?
* AddNewBookPage.feature
  + Scenario1: Admin joggal való bejelentkezés után megjelenik-e az új könyv hozzáadása funció?
  + Scenario2: Admin joggal való bejelentkezés után működik-e az új könyv hozzáadása funkció?
* AdminDashboardPage.feature
  + Scenario1: Admin joggal való bejelentkezés után megjelenik-e az Admin Dashboard funkció a navigációs menün és kattintásra oda navigál-e?
* ContactMessagesPage.feature
  + Scenario1: Admin joggal való bejelentkezés után megjelenik-e az Contact Messages funkció és kattintásra oda navigál-e?
  + Scenario2: Admin joggal való bejelentkezés után megjelennek-e az üzenetek és ha az első üzent Open Message gombjára kattintunk, megjelenik-e az az üzenet teljes egészében?
  + Scenario3: Admin joggal való bejelentkezés után, ha az első bejövő üzenet nézeténél ha a Delete gombra kattintunk, kitörlődik-e az üzenet?

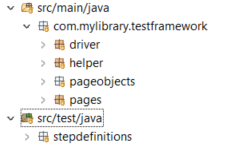
1. Az authenticated mappa feature fájlai

* UsersPage.feature
  + Scenario1: User joggal való bejelentkezés után megjelenik-e a Users funkció és kattintásra oda navigál-e?
  + Scenario2: User joggal való bejelentkezés után a Users funkción tudok-e keresni egy felhasználóra e-mail cím szerint?
  + Scenario3: User joggal való bejelentkezés után a Users funkción tudok-e keresni egy felhasználóra felhasználónév szerint?
  + Scenario4: User joggal való bejelentkezés után a Users funkción tudok-e kiválasztani egy felhasználót, hogy megnézzem az adatait?

1. A common mappa feature fájlai
   * AuthorsPage.feature

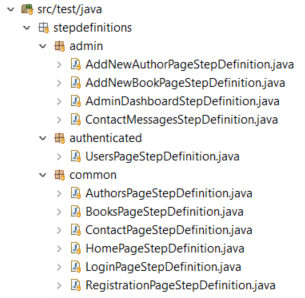
* Scenario1: Ha kiválasztom az első költőt/írót, akkor az ő oldalára írányít-e?
* Scenario2: Tudok keresni egy íróra/költőre a neve alapján? Megjelenik-e a találati listában?
  + BooksPage.feature
* Scenario1: Ha kiválasztom az első könyvet, akkor az első könyv adatainak oldalára írányít-e?
* Scenario2: Tudok keresni egy könyvre a címe alapján és megjelenik a találati listában?
  + ContactPage.feature
* Scenario1: Ha kiválasztom Contact us menüpontot a navigációs listában, a Contact us oldalra navigál-e?
* Scenario2: Ha kitöltöm a contact form-ot és rákattintok a Send Message gonbra, akkor az üzenet sikeresen el lesz-e küldve?
  + HomePage.feature
* Scenario1: Ha beírom az alkalmazás címét a webböngészőbe, betöltődik-e az alkalmazás HomePage oldala?
* Scenario2: Ha a HomePage oldalon a leginkább értékelt könyvre kattintok, annak a könyvnek az adatlapjára navigál-e?
* Scenario3: Ha a HomePage oldalon a leginkább értékelt iróra/költőre kattintok, annak az írónak/költőnek az adatlapjára navigál-e?
  + LoginPage.feature
* Scenario1: Ha beírom a bejelentekzési oldalra a hibás jelszót vagy email címet, dob-e hibaüzenetet?
* Scenario2: Ha a beírom a bejelentekzési oldalra a helyes jelszót és email címet, sikeresen megtörténik-e a bejelentkezés?
  + RegistrationPage.feature
* Scenario1: Oda tudok-e navigálni a regisztrációs oldalra a bejelentkező oldalról?
* Scenario2: Tudok-e regisztrálni egy új felhasználót a rendszerbe?
* Scenario3: Tudok-e kétszer regisztrálni ugyanazzal a felhasználóval?

Mint már említettem, a feature fájlok lépései a tartalmuk által vannak összeköttetésben azzal a java függvénnyel, mely végre hajtja őket, lásd 5. példakód és 8. példakód. Ezek a java függvények a következő szintben vannak, a Selenium WebDriver szintjén. Ez a legösszetettebb szint. Két fő package alkotja: src/test/java/stepdefinitions - itt vannak a feature fájlokkal összeköttetésben álló java függvények és src/main/java/com.mylibrary.testframework – itt pedig a Page Objektek és a többi java osztályok vannak.



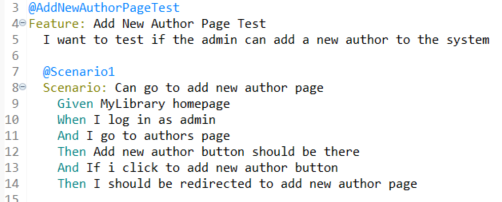
29. ábra - Selenium WebDriver könyvtárai

Azért választottam külön a tesztek lépéseit a src/test/java/stepdefinitions packagebe, mert szerintem logikailag közelebb áll a tesztekhez, mint a WebDriverhez, mivel a feature fájlok tartalmát „tükrözi”, csak ki van egészítve java kóddal. Lássuk először őket:

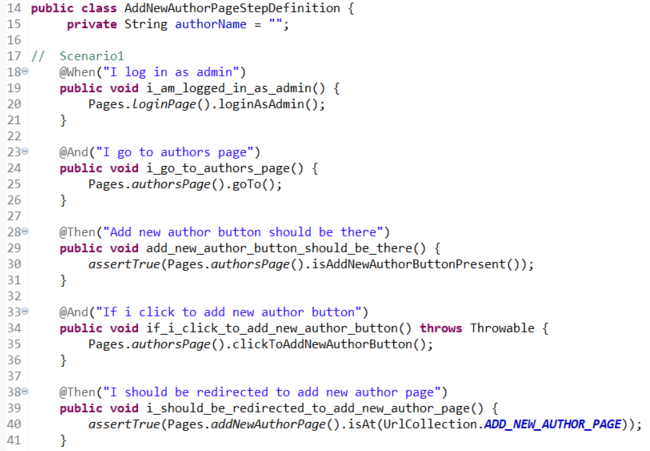


30. ábra - Feature fájlok java kódjai

Ha összevetjük a 28. ábra és 30. ábra tartalmát, felfedezhetjük, hogy a stepdefinitions a feature fájlok teljes mása, csak itt nem Gherkin nyelv van, hanem java kód. Eddig a menedzsment tagjai is átlátták a folyamatot, ám ettől kezdve a fejlesztőké a szerep.



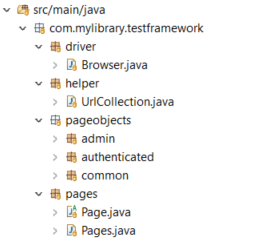
31. ábra - AddNewAuthor.feature - Scenario1



32. ábra - AddNewAuthorStepDefinition - Scenario1

A fenti 31. ábra az AddNewAuthor.feature első Scenarioját tartalmazza Gherkin nyelven fogalmazva, míg a 32. ábra az ennek megfelelő java kódot szemlélteti. Látható, hogy a függvénynevek fölött megjelenik az a sor, ami a feature fájlban meg van fogalmazva, csak néhány módosításon esett át: annotációt kaptak a kulcsszavak és zárójelben, idézőjelek között szerepel a leírás. Észre vehetjük, hogy a Given kulcsszónak nincs párja a java definíciók között. Ez azért van, mert azzal a szöveggel már definiálva volt az a lépés és az annak megfelelő java kód a ContactPage.feature illetve ContactPageStepDefinition.java fájlokban, így ha legközelebb használni szeretném, elég leírni a feature fájlban, a java megfelelőjét kikeresi magától a Cucumber.

A 32. ábra függvényeinek tartalma többnyire egy sor. Ide is írhatnánk már a WebDriver dolgait, de akkor kevésbé lenne átlátható. Hogy mi van a függvényekben, ahhoz bele kell nézzünk az src/main/java/com.mylibrary.testframework package alá:



33. ábra - Selenium WebDriver implementációja

Itt már több dolgot látunk, nézzük szerre, hogy miket tartalmaz:

* driver package
  + Browser.java – ez az osztály felelős a böngésző irányításáért. Ezért is kapta a Browser nevet, valamint ebben az osztályban van példányosítva a böngésző drivere is. Minden függvénye statikus és olyan függvényeket tartalmaz, mint például goTo(String url), ami arra szolgál, hogy a paraméterként kapott url címre navigál, vagy a getTitle(), mely visszatéríti az aktuális oldal title tagjei között szerepelő szöveget, meg hasonló, Selenium WebDriver cím alatt tárgyalt függvények.
* helper package
  + UrlCollection.java – ez az osztály az alkalmazás url gyűjteményét tartalmazza, minden url cím egy public static final String ként szerepel. Például:

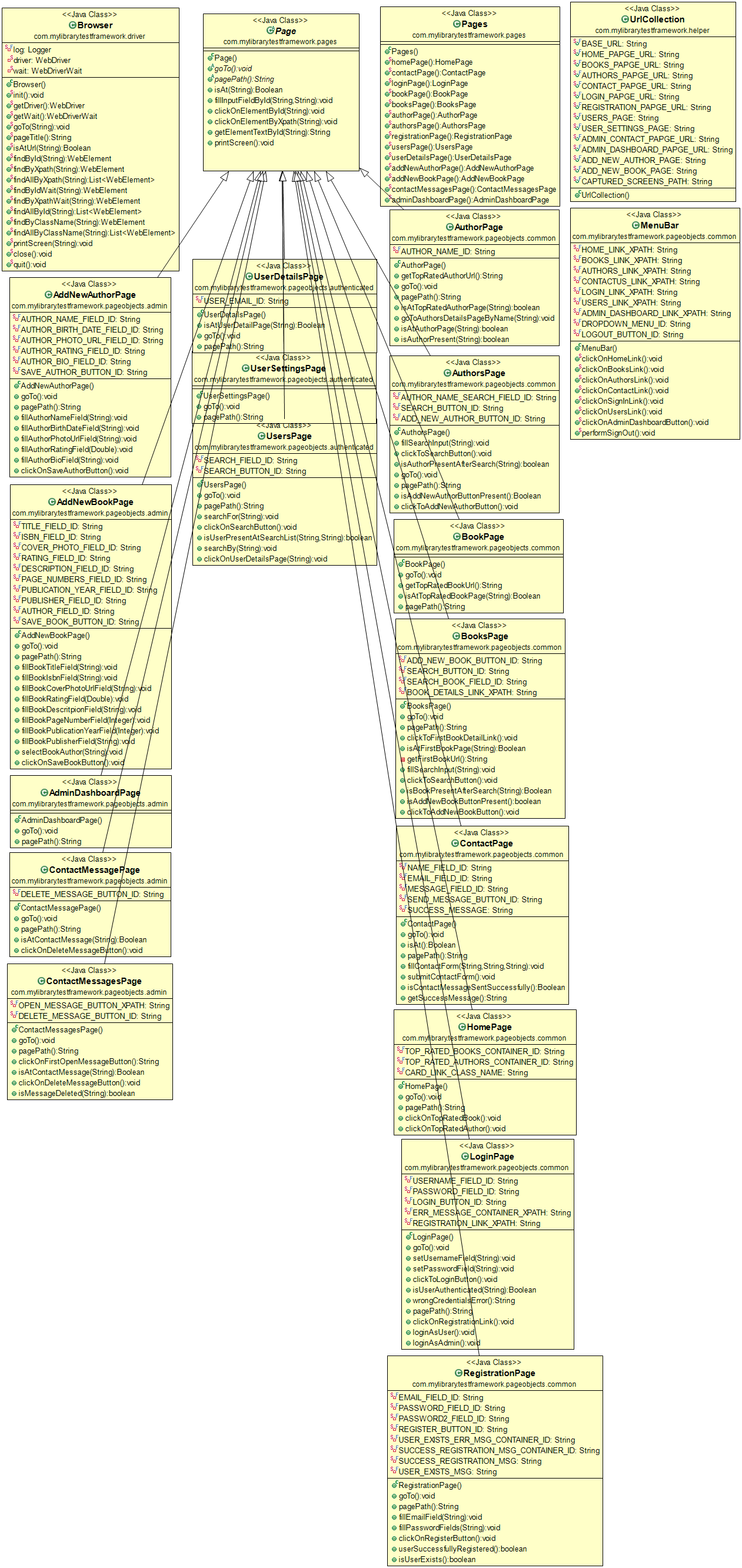
**public** **static** **final** String ***BASE\_URL*** = "http://localhost:8080/";

**public** **static** **final** String ***BOOKS\_PAPGE\_URL*** = ***BASE\_URL*** + "books";

9. példakód - UrlCollection példa

* pages package
  + Page.java – ez egy absztrakt osztály, melybe megpróbáltam kiemelni minden olyan közös tényezőt, amely minden oldalban közös, például, hogy minden oldalnak van egy url címe, minden oldalról lehet készíteni képernyőképet, minden oldalnak van valamilyen WebElementje, melyre rá lehet kattintani vagy input mezője, melyet ki lehet tölteni.
  + Pages.java – az osztály csak publikus statikus függvényeket tartalmaz, melyek vissza adják az egyes pageobjecteket. Azért hoztam létre, hogy mindig ugyanazt a pageobject-et használjam az alkalmazásban, így központosítva az objektumok létrehozását. Ezt a fajta központosítási mintát Factory Pattern – nek nevezik.
* pageobjects package – azért hagytam ezt a legvégére, mert ez a package tartalmazza az alkalmazás page objectjeit, vagyis a webalkalmazás minden oldalának megfeleltetett java objektumot, lásd Page Object Model címsort. A csoportosítási logika ugyanaz, mint a feature fájlok esetében: a jogosultsági szint.
  + admin package
    - AddNewAuthorPage.java
    - AddNewBookPage.java
    - AdminDashboardPage.java
    - ContactMessagePage.java
    - ContactMessagesPage.java
  + authenticated package
    - UserDetailPage.java
    - UserSettingsPage.java
    - UsersPage.java
  + common package
    - AuthorPage.java
    - AuthorsPage.java
    - BookPage.java
    - BooksPage.java
    - ContactPage.java
    - HomePage.java
    - LoginPage.java
    - RegistrationPage.java
    - MenuBar.java

Ha UML diagramként ábrázoljuk, így viszonylnak egymáshoz az osztályok:

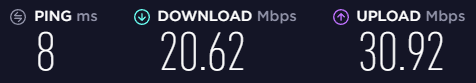


34. ábra - WebDriver réteg UML diagramja

Mint a fenti ábra mutatja, minden \*Page.java a Page.java leszármazottja, ezáltal a gyakori függvényeket megöröklik. Összefoglalva, a fenti rétegek alkotják a teszt keretrendszerem egészét.

# Mérések

A méréseket egy Lenovo Y700 laptopon végeztem, 4 magos Intel Core i7 6700HQ processzorral, 8Gb RAM-al, 4Gb-os NVIDIA GeForce GTX 960M videókártyával, 256Gb SSD-vel. Az internet sebesség, melyen végeztem a méréseket Digi Fiberlink 100-as csomag, mely a távoli szerverrel való tesztelés elvégzése idején a következő paraméterekkel, bírt:



35. ábra - Internet sebessége Forrás: [www.speedtest.net](http://www.speedtest.net)

A manuális tesztek eredményei 5 ember átlagolt idejét tartalmazzák. Ezek olyan emberek, akik számára nem idegen a webalkalmazás, vagyis nem kell kitalálják, hogy hová kell kattintsanak az egyes funkciók eléréséhez.

A keretrendszer által futtatott mérések eredményei 100 alkalommal való futtatás átlagát mutatják. A teszteket futtattam naiv és optimalizált implementációként is (bővebben a naiv és optimalizált tesztek közötti különbségről beszélek a későbbiekben), a lennebb felsorolt böngészőkre bontva. Az ismételt futtatást úgy oldottam meg, hogy írtam egy szkriptet, ami ciklusban futtatja a keretrendszert. Minden futási alkalommal generáltattam a cucumber.json fájlt az eredményekkel (lásd 27. ábra). Ez után, a kapott eredmény fájlt átdolgoztam egy Cluecumber nevű, Trivago cég által fejlesztett, nyílt forráskódú keretrendszer segítségével (lásd forrás [17]). Ez a keretrendszer html oldalakat generál a fennebb említett cucumber.json fájlból, amit majd böngésző segítségével meg lehet nézni, bár én a keretrendszert arra használtam, hogy a cucumber.json fájlból kinyerjem a számomra fontos inforámciókat. Lévén, hogy a Cluecumberben már implementálva van a beolvasási és mappelési logika, nem kellett megírnom ezt önerőből. Amit a cucumber.json fájlból kinyertem, az pedig: Feature neve, Scenario neve, Feature fájl futásideje másodpercben, az egyes Scenariok futási ideje másodpercben és a teszteset lefutásának teljes ideje. Ezeket elmentettem egy .csv kiterjesztésű fájlba. Amikor lefutott a 100 teszt eset, az 100 darab .csv fájlt jelentett. Ezeket a fájlokat aztán beolvastam egy általam írt programmal, ami kiszűri és átlagolja a 100 fájlból érkező tartalmat, majd az így keletkezett átlagolt eredményeket kimentettem egy ugyancsak .csv fájlba.

A teszteket lefuttattam Google Chrome (Verzió 75.0.3770.100), Mozilla Firefox (Verzió 67.0.4) és Opera (Verzió 60.0.3255.170) böngészőkben is, úgy, hogy a webalkalmazás helyi szerveren futott (localhost) és Heroku távoli szerveren. A mérés kezdete előtt újraindítottam a webalkalmazást, ezáltal az adatbázis mindig kezdeti állapotba került. Internet Explorerrel akadtak gondjaim futtatáskor: nem elemezte helyesen a DOM-ot és nem talált sok elemet, valamint amikor input mezőbe kellett volna írni, akkor 1 karakter begépelése körülbelül 30 másodpercet vett igénybe, pedig a helyes verziójú WebDrivert használtam az adott Internet Explorerhez, így az IE kimaradt a buliból.

A mérésekhez az időt vettem alapul, hogy megtudjam, mennyi belefektetett idő után térülhet meg a munka.

Elsőként a tesztek fejlesztési idejét mértem meg. A fejlesztési időt attól a pillanattól kezdtem mérni, amikor létrehoztam az üres java osztályt, a feature fájlok már meg voltak írva a tesztekkel, és akkor fejeztem be, amikor a teszt sikeresen lefutott. Egy olyan embernek, aki komfortosan mozog javaban, a következőképp alakult az egyes tesztek fejlesztési ideje:

Mint látható, a legegyszerűbb tesztet megírni egy olyannak, aki ismeri a webalkalmazást, körülbelül 10 percbe telik. Ez az egyszerű eset az, amikor azt tesztelem, hogy: az adott oldal betöltődik-e? A bonyolultabb esetek 50 és 60 perc munkát vesznek igénybe, például hogy: lehet-e hozzáadni új könyvet a rendszerhez, ha admin jogosultsággal jelentkezünk be?

Most, hogy tudjuk, mennyi időt kell áldoznunk a tesztek létrehozására, az üres osztálytól a futtathatóig, lássuk, hogy mennyi időbe telik manuálisan végig tesztelni az alkalmazást:

Úgy gondolom, hogy manuális tesztelés esetén a böngésző nem, vagy elhanyagolható mértékben befolyásloja az eredményeket. Mint látható, egy olyan felhasználó számára, aki ismeri a rendszert, a legegyszerűbb feladat elvégzése, ami abból áll, hogy beöltődik-e egy adott oldal és a jó oldal töltődik-e be, körülbelül 3-5 másodpercet vesz igénybe, míg a leg időigényesebb feladatok, mint például egy új könyv hozzáadása a rendszerhez, 2 percet is igénybe vehet. És ahhoz, hogy mindent alaposan leteszteljen, nagyjából 10 perc szükséges.

Most lássuk az automatizált teszt keretrendszerünk ugyanezt a feladatot mennyi idő alatt végzi el:

A keretrendszerünk meglehetősen gyorsan végigteszteli az alkalmazást. A legegyszerűbb feladat 0,1 másodpercet vett igénybe számára, míg a legbonyolultabb is csak maximum 2,7 másodpercet. Így összesen Google Chrome esetén 32.6 másodperc, Opera esetén 27,4 másodperc és Mozilla Firefox esetén csak 25.9 másodperc alatt végigzongorázza a teszteket a rendszer. A Firefox teljesített a legjobban, de ez annak is betudható, hogy míg a többiek animációval töltenek ki egy input mezőt (kvázi betűnként írják be az értéket), addig a Firefox csak beilleszti a szöveget úgy, ahogy van. Lássuk feature szerint lebontva, hogyan teljesítettek a böngészők:

Ha feature fájlok szerint megvizsgáljuk az eredményeket, láthatjuk, hogy a Firefox nem vezet törvényszerűen mindenhol, erős versengésben áll az Operával, például a Login Page Test esetet az Opera gyorsabban hajtotta végre. A Chrome viszont mindenben lemarad.

Látható, hogy ha automatizáljuk a teszteket, az a fenti esetben megközelítőleg 16x (ha a leglassabb eredményt nézzük) és 20x (ha a legjobb eredményt nézzük) gyorsabban elvégezhető a tesztelési folyamat, mint kézzel. Elég imponáló, de lehet ennél jobban is csinálni. Azért mondom ezt, mert a fenti méréseket naiv teszteken végeztem. Naiv teszt alatt azt értem, hogy nincsenek optimalizálva, újra átgondolva, ezért sok ismétlődést tartalmaznak. Például: Bejelentkezek Admin joggal, elvégzem a dolgomat, kijelentkezek, majd újra bejelentkezek admin joggal, elvégzem a következő dolgot, majd kijelentkezek. Ez redundanciához vezet és lehetne optimalizálni úgy, hogy bejelentkezek, elvégzem az összes admin jogosultsághoz köthető dolgot, majd kijelentkezek, mert nincs értelme a bejelentkezési folyamatot ismételgetni, ha egyszer biztosan működik. Ha eképp optimalizáljuk a teszteket, vajon milyen eredményeket kapunk?

Az előző naiv tesztek 33 Scenariot és 162 lépést tartalmaztak. Így, hogy kivettük a duplikált bejelentkezés – kijelentkezés folyamatot, spóroltunk 10 lépést, vagyis az új tesztek ugyancsak 33 Scenariot tartalmaznak, viszont itt már csak 152 lépést hajtunk végre. Lássuk, hogy ez hogyan befolyásolja a futásidőket:

Mint látható, nagyjából 15 másodpercet nyerünk / előfurdulás azzal, hogy a felhasználó nem kell bejelentkezzen többször a tesztek végrehajtásakor.

Azzal, hogy nem kell duplikált lépéseket végezzünk, összesen nyertünk legalább 91 másodpercet. Tételezzük fel, hogy a felhasználó elrontja a jelszavát, akkor ennél többet is nyerhetünk.

És ha ugyanezt a rendszerrel végeztetjük, akkor a következőképp alakulnak a diagramok:

Ebben az összehasonlításban is a Firefox és az Opera verseng igazán, a Chrome az Admin Dashboard Page Test esetnél kemény 1 század másodpercel megelőzi az Operát, ezt leszámítva mindenben lemarad a másik kettőtől.

Azzal, hogy kicsit újra gondoltuk a teszt folyamatot és kihagytuk a duplikált lépéseket, láthatólag sikerült sprólolni az idővel. Ha összevetjük a manuális és az optimalizált tesztek futási idejét, a következő diagramot kapjuk:

A fenti tesztek mindenikét a lokális szerveren futó alkalmazáson végeztem. Ebben az esetben az internet sebességének elenyésző szerepe van. Nézzük, mennyiben befolyásolja az eredményeket, ha egy távoli alkalmazás szerveren futtatjuk a webes alkalmazást és úgy végezzük el a teszteket. A távoli szerveren való alkalmazás futtatásához a Herokut választottam (<https://www.heroku.com/>). Azért választottam ezt, mert ingyenes szervert biztosít, ahová deployolhatom a webapplikációmat egyszerűen és gyorsan, akár github-ról, miután bárki számára elérhető lesz. A Heroku-n futó alkalmazás url címe a következő: <https://my-library-example.herokuapp.com/> .

És akkor lássuk az eredményeket:

Várható volt, hogy a távoli szerveren való futtatás tovább fog tartani, és így is lett. Itt is a Firefox viszi a zászlót, aztán az Opera és végül a Chrome, viszont itt már nem olyan nagyok az eredménybeli különbségek, mint amikor lokális szerveren futott a webes applikáció.

# Következtetések és tapasztalatok

A fenti mérések alapján elmondhatjuk, hogy egy alkalmazás autómatizált tesztjeit megírni viszonylag sok időbe telik, még akkor is, ha csak egy egyszerű alkalmazásról van szó. Ha az általam fejlesztett MyLibrary alkalmazást vesszük alapul, annak a tesztjeit megírni összesen 774 percbe telt, vagyis 12 órába és 54 percbe. Ezek a naiv tesztek voltak. Hogy végignézzük és optimalizáljuk a teszteket, további 15 percet vett igénybe. Ez az idő tartalmazza a fejlesztés során fellépő hibákat és azok kiküszöböléseit, amíg működő teszteteket nem kaptam. És ez csak maguk a tesztek megírásának ideje. A keretrendszer kifejlesztésére fordított idő ennél sokkal több. A viszonylag egyszerű web alkalmazásomnál is több, mint egy hétbe telt. Ez esetben egy vállalati alkalmazásra keretrendszert fejleszteni hónapokba, sőt évekbe is telhet.

A fejlesztés során fellépő leggyakoribb probléma az volt, hogy valamiért nem találta a WebDriver azt az elemet, amit szerettem volna, ezért NoSouchElementException-nal leállt a program. A másik leggyakoribb probléma a böngészők közötti különbségek voltak. Nagyon jól hangzik a Seleniumtól, hogy csak böngésző drivert kell cserélni és a tesztek ugyanúgy működnek, de ez csak részben igaz. Mindenik böngésző másképp értelmezi az oldalakat, ebből akadnak hibák jócskán. Például fent említettem, hogy az Internet Explorernek egy 5 karakterből álló szót 2 és fél percbe telt beírni egy input mezőbe. Vagy a Chrome nagyon jól értelmezte az XPath alapján történő keresést, ám a többi böngésző itt nem remekelt annyira. Így, hogy a webes alkalmazás forráskódjához hozzáférésem volt, sokat egyszerüsített a helyzeten. De ha egy olyan alkamazáshoz kell autómatizált teszteket fejleszteni, ahol nincs hozzáférésünk a kódhoz, sokat bonyolíthat az elemek kiszűrésében, megtalálásában, főleg akkor, ha több böngészőben kell működniük a teszteknek.

Hogy megtudjuk mikortól érdemes automatizálni a tesztjeinket, összegezzük a fenti applikációra vetített időket: A keretrendszer kifejlesztése körülbelül 1 heti munkámba került úgy, hogy aktívan dolgoztam 5 napon át, napi 4 órát. Ez megközelítőleg 20 órai munka. Aztán ehhez még hozzá számolódik a Cucumber fájlok megírásának ideje is. Ez nem olyan sok idő, ha tudjuk, hogy mit kell tesztelni, írni bele. Úgy gondolom, hogy feature fájlonként ide szmolhatunk 40 percet átlagosan. Ez a 20 órai keretrendszerhez hozzátesz még 440 percet (7 órát és 20 percet, mert 11 feature fájlból áll a teszt kollekcióm). Ettől az időtől mentesülhetünk, ha nem mi írjuk a feature fájlokat. Ehhez még hozzá jön a java oldali fejlesztése a feature fájloknak, vagyis amikor működő kóddá áll össze a feature fájlok tartalma. Mindez még további 774 percbe telt, vagyis 12 órába és 56 percbe. Eddig úgy állunk, hogy ha mi kell írjuk a Cucumber feature fájlokat, akkor 1 napba, 16 órába és 25 percbe telik (= 2425 perc), ha nem mi kell írjuk őket, akkor 1 napba, 9órába és 5 percbe telik (= 1985 perc).

Ha a legjobb mért eredményt vesszük figyelembe a fentiek közül (Firefox böngészővel, de távoli szerveren, mert az életszerűbb) akkor megközelítőleg 25 másodperc alatt leteszteltük a rendszert. A manuális teszteléshez képest, ami nagyjából 8 percbe telik (itt sok múlik az emberi tényezőn) nyertünk 7 percet és 30 másodpercet (hagyunk 5 másodperc hibafaktort az ember javára). Ezen feltételek mellett, hogy megtérüljön az automatizált tesztkeretrendszerbe fektetett munka és energia, ahhoz le kell futtatnunk a teszteket legalább 265 alkalommal. Ettől kezdve minden csak azon múlik, hogy mennyire sűrűn futtatjuk le a teszteket. Ha naponta egyszer futtatunk le minden tesztet, akkor 265 munkanap alatt térül meg a befektetett idő.

Szóval mikortól érdemes autómatizálni a teszteket? Nos, a fentiekre alapozva elmondhatjuk, hogy ez is nagymértékben az igényektől és a helyzettől függ. Viszont összegezve a tapasztalataimat, elmondhatom, hogy akkor érdemes, amikor egy tesztesetet nagyon sokszor kell ismételni. Akkor is érdemes, amikor nagy az esélye az emberi hibának és sokat kell beviteli mezőkbe írni, mert főleg ez lassítja az embert. Akkor, amikor ugyanazt az esetet több böngészőben is el kell végezni és akkor is, ha túl hosszú időt vesz igénybe egy eset manuálisan való végrehajtása.

# Továbbfejlesztési lehetőségek

Mind a teszt keretrendszert, mind pedig a webes applikációt lehetne továbbfejleszteni.

A webes applikáció esetében lehetne újabb, a Webalkalmazás architektúra címszó alatt említett funkciókkal gazdagítani a rendszert, és megvizsgálni, hogy: ahogy nő a rendszer, hogyan hat ki a tesztek futására.

Mivel a képernyőkép készítése funkció már implementálva van a keretrendszerbe, lehetne képernyőképeket készíteni az alkalmazás oldalairól, majd egy képelemző mesterséges intelligencia szoftverrel keresni a vizuális hibák után, mert egy meglévő probléma, hogy a vizuális hibákat nem lehet kiszűrni Seleniummal.

Érdekes lenne megvizsgálni azt is, hogy a Selenium Grid, mellyel párhuzamosítani lehet a tesztek futását, hogyan hat az eredményekre, az egyes böngészőket is figyelembe véve.

# Idézett forrásmunkák

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | „Cypress,” Cypress, [Online]. Available: https://docs.cypress.io/. [Hozzáférés dátuma: 01 2019]. |
| [2] | „Robot Framework,” Robot Framework Foundation, [Online]. Available: https://robotframework.org/. [Hozzáférés dátuma: 05 2019]. |
| [3] | „Katalon,” Katalon, [Online]. Available: https://www.katalon.com/. [Hozzáférés dátuma: 05 2019]. |
| [4] | „Screenster,” Screenster, [Online]. Available: https://screenster.io/. [Hozzáférés dátuma: 05 2019]. |
| [5] | „TestCraft,” TestCraft Technologies LTD, [Online]. Available: https://www.testcraft.io/. |
| [6] | M. C. E. D. Matthew Heusser, „TechBeacon,” Micro Focus, 2015 - 2019. [Online]. Available: https://techbeacon.com/app-dev-testing/6-common-test-automation-mistakes-how-avoid-them. [Hozzáférés dátuma: 10 06 2019]. |
| [7] | „SeleniumHQ,” SeleniumHQ, [Online]. Available: https://www.seleniumhq.org/. [Hozzáférés dátuma: 02 2019]. |
| [8] | B. Hansen, „Automated Web Testing with Selenium and WebDriver Using Java,” Pluralsight, 22 09 2017. [Online]. Available: https://app.pluralsight.com/library/courses/automated-web-testing-selenium-webdriver-java/table-of-contents. [Hozzáférés dátuma: 01 2019]. |
| [9] | S. Avasarala, Selenium WebDriver Practical Guide, Livery Place, 35 Livery Street, Birmingham B3 2PB, UK: Packt Publishing Ltd., 2014. |
| [10] | „iDatalabs,” iDatalabs, [Online]. Available: https://idatalabs.com/tech/products/selenium/. [Hozzáférés dátuma: 05 2019]. |
| [11] | P. Sams, Selenium Essentials, Livery Place, 35 Livery Street, Birmingham B3 2PB, UK: Packt Publishing Ltd., 2015. |
| [12] | R. P. MG, Learning Selenium Testing Tools - Third Edition, Livery Place, 35 Livery Street, Birmingham B3 2PB, UK: Packt Publishing Ltd., 2015. |
| [13] | M. W. A. H. Seb Rose, The Cucumber for Java Book: Behaviour-Driven Development for Testers and Developers, Pragmatic Bookshelf, 2015. |
| [14] | „Cucumber.io,” Cucumber, [Online]. Available: https://cucumber.io/. [Hozzáférés dátuma: 02 2019]. |
| [15] | V. K. Sharing, „Vikramvi Knowledge Sharing,” 25 08 2018. [Online]. Available: https://vikramviknowledgesharing.wordpress.com/2017/01/01/behavior-driven-development-bdd-cucumber/. [Hozzáférés dátuma: 05 2019]. |
| [16] | C. Tudose, „Java: BDD Fundamentals,” Pluralsight, 11 01 2019. [Online]. Available: https://app.pluralsight.com/library/courses/java-bdd-fundamentals/table-of-contents. [Hozzáférés dátuma: 02 2019]. |
| [17] | Trivago, „Cluecumber,” Trivago, [Online]. Available: https://github.com/trivago/cluecumber-report-plugin. |