

BinSense – Efikasno upravljanje otpadom pomoću IoT tehnologije

Autor: Bojan Rađenović

Dvanaesta beogradska gimnazija i Regionalni centar za talente „Nikola Tesla“, E-mail: bojan@radjenovic.dev

Mentor: Mateja Opačić, Regionalni centar za talente „Nikola Tesla“

1. Uvod

U današnjem društvu, suočeni smo sa sve većim izazovima u upravljanju otpadom, naročito u urbanim sredinama. Lično sam primetio sve veći broj prepunjenih kanti za smeće širom grada, što pravi dodatne probleme poput neurednih ulica, neprijatnog mirisa. Kako bi se bolje razumeo ovaj problem, istraživanje ističe da ekonomski rast i gustina naseljenosti predstavljaju ključne faktore za stvaranje otpada u bilo kojoj ekonomiji [1]. Ova istraživanja ukazuju na to da se povećanje otpada direktno povezuje sa stopom urbanizacije i ekonomskim napretkom. Ovi podaci naglašavaju hitnost potrebe za efikasnijim sistemima upravljanja otpadom koji mogu adekvatno odgovoriti na rastuće zahteve urbanog života, uključujući i naše iskustvo s prepunjenim kantama i njihovim nepoželjnim posledicama na naše okruženje.

Cilj ovog istraživanja jeste primeniti tehnologiju Internet stvari (IoT) kako bismo efikasnije mogli da prikupljamo smeće u urbanim sredinama. Kroz implementaciju IoT uređaja u kontejnere za smeće, želim da omogućim neprekidno praćenje nivoa punjenja kontejnera. Ovo će nam dozvoliti da identifikujemo šablone u pravljenu otpada, optimizujemo rute sakupljanja smeća ismanjimo nepotrebne troškove i emisije ugljen-dioksida u procesu upravljanja otpadom. Tehnologija Internet stvari nudi efikasno i ekonomično rešenje za praćenje nivoa punjenja kontejnera. IoT uređaji su pristupačni i lako se montiraju, što ih čini idealnim za široku primenu u urbanim sredinama [2].

2. Materijali i Metodologija

Ideja ovog projekta jeste razviti IoT uređaj koji će moći biti integrisan u kontejnere za smeće kako bismo mogli da neprekidno merimo nivo smeća. Za testiranje projekta, uređaj će biti prilagođen za upotrebu na običnoj kućnoj kanti. Projekat se sastoji iz dva dela: IoT uređaj i softversko rešenje za pristup podacima o kantama. Osnova IoT uređaja jeste Raspberry Pi 4B ploča, kao i Arduino US-100 ultrazvučni senzor udaljenosti koji omogućava brzo merenje koliko je kanta puna. Za softversko rešenje na IoT uređaju sam koristio Python, kao i dodatne biblioteke RPi.GPIO (za pristup samom senzoru, koji je povezan preko GPIO pinova), a i Requests biblioteku za prosleđivanje podataka serveru [3][4]. U cilju obezbeđenja sigurne komunikacije i zaštite podataka, napravljena je Virtuelna Privatna Mreža (VPN) kako bi uređaji mogli pristupiti centralnom serveru bez da bude omogućen pristup serveru van privatne mreže. VPN omogućava šifrovanu komunikaciju između uređaja i servera. Server se može podeliti na dva dela: API za podatke i web rešenje za pristup uređajima. API je realizovan pomoću Flask framework-a, koji omogućava komunikaciju između centralnog servera i IoT uređaja, dok je za skladištenje podataka korišćen MySQL. Za web aplikaciju su korišćeni HTML, CSS i JavaScript.

3. Rezultati i diskusija

Tokom izrade projekta, odlučio sam da testiram sistem tako što ću ga implementirati u svojoj kući. Jedan IoT uređaj sam montirao u kuhinji. Uređaj je tačno merio nivo punjenja kante, omogućavajući mi da neprekidno pratim koliko je kanta puna. Web interfejs omogućava da vidim gde je montirana kanta, kao i koliko je puna. Sistem automatski daje upozorenje ako je kanta napunjena preko 70%. Administrator sistema ima opciju da promeni kada/da li će se oglašiti upozorenje. Takođe se sistem oglašava ako je smeće u kanti stajalo više od nedelju dana. Za dalje testiranje sistema, uveo sam simulirane uređaje. Simulirani uređaji su mi omogućili da testiram Web interfejs za više uređaja.

4. Zaključak

Za projekat minimalne vrednosti, ideja je bila napraviti uređaj i odgovarajući sistem koji će olakšati upravljanje otpadom. Projekat ispunjava svoj cilj. U budućnosti, planiram proširiti ovaj projekat tako što ću dodati automatsko generisanje optimizovanih ruta za prikupljanje otpada, kao i implementaciju mašinskog učenja koje će procenjivati kada će se kanta napuniti.

5. Reference

1. H.O. Iyamu, M. Anda, G. Ho, A review of municipal solid waste management in the BRIC and high-income countries: A thematic framework for low-income countries (<https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2019.102097>)
2. Luigi Atzori, Antonio Iera, Giacomo Morabito, The Internet of Things: A survey, (<https://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>)
3. RPi.GPIO biblioteka (<https://pypi.org/project/RPi.GPIO/>)
4. Requests biblioteka (<https://pypi.org/project/requests/>)

ЕФИКАСНО УПРАВЉАЊЕ ОТПАДОМ ПОМОЋУ ИОТ ТЕХНОЛОГИЈЕ

EFFICIENT WASTE MANAGEMENT USING IOT TECHNOLOGY

Аутор:

БОЈАН РАЂЕНОВИЋ

*3. разред, Дванаеста београдска гимназија
Регионални центар за таленте „Никола Тесла“*

Ментор:

МАТЕЈА ОПАЧИЋ

Регионални центар за таленте „Никола Тесла“

РЕЗИМЕ: У данашњем друштву, суочени смо са све већим изазовима у управљању отпадом, нарочито у урбаним срединама. Приметио сам све већи број препуњених канти за смеће широм града, што прави додатне проблеме попут неуредних улица, непријатног мириса. Како би се боље разумео овај проблем, истраживање истиче да економски раст и густина насељености представљају кључне факторе за стварање отпада у било којој економији. Ова истраживања указују на то да се повећање отпада директно повезује са стопом урбанизације и економским напретком^[1]. Ови подаци наглашавају хитност потребе за ефикаснијим системима управљања отпадом који могу адекватно одговорити на растуће захтеве урбаног живота, укључујући и наше искуство с препуњеним кантама и њиховим непожељним последицама на наше окружење. Циљ овог истраживања јесте применити технологију Интернет ствари (IoT) како бисмо ефикасније могли да прикупљамо смеће у урбаним срединама. Кроз имплементацију IoT уређаја у контејнере за смеће, желим да омогућим непрекидно праћење нивоа пуњења контејнера.

КЉУЧНЕ РЕЧИ: управљање отпадом, еколошка свест, интернет ствари

ABSTRACT: In today's society, we are faced with increasing challenges in waste management, particularly in urban areas. Personally, I have noticed a growing number of overflowing garbage bins throughout the city, which creates additional problems such as untidy streets and unpleasant odors. To better understand this issue, research highlights that economic growth and population density are key factors in waste generation in any economy. This research indicates that the increase in waste is directly linked to the rate of urbanization and economic progress^[1]. This data emphasizes the urgency of the need for more efficient waste management systems that can adequately respond to the growing demands of urban life, including our experience with overflowing bins and their undesirable consequences on our environment. The aim of this research is to apply Internet of Things (IoT) technology to collect garbage more effectively in urban environments. Through the implementation of IoT devices in garbage containers, I aim to enable continuous monitoring of container fill levels.

KEYWORDS: waste management, eco awareness, internet of things

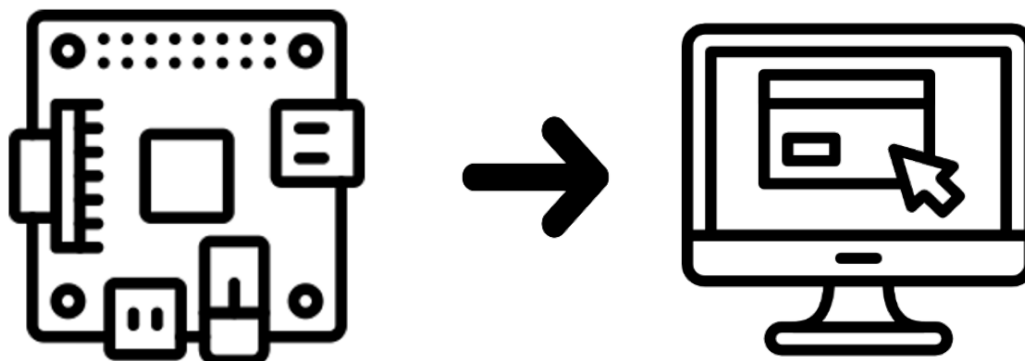
УВОД

Многи јавни простори су препуни смећа због проблема са управљањем отпадом у урбаним подручјима. Често се сакупљање отпада обавља само према одређеном распореду, што резултује пуним или претрпаним кантама смећа остављеним да стоје пуне или претрпане неколико дана. До овога долази јер није могуће даљински одредити колико су канте пуне, па се ресурси за уклањање отпада не могу распоредити према потреби. Истраживања показују да је доступност употребљивих контејнера за отпад важан фактор у одређивању количине отпада на улицама, при чему већа доступност води ка мањем броју баченог смећа^[2].

Интернет ствари (IoT) је мрежа повезаних уређаја који се повезују и размењују податке са другим IoT уређајима и облаком. IoT уређаји су обично уграђени са сензорима који дозвољавају да пратимо разне параметре у околини. Све више компанија у различитим индустријама користе IoT да би пословале ефикасније, пружиле унапређене услуге^[3].

Интернет ствари (IoT) технологија је постала актуелна не само по својим могућностима, већ и по својој приступачности. Сензори, микроконтролери, бежични модули и друге компоненте које чине IoT системе су постале веома јефтине због напретка у производњи и широке распрострањености. Поред тога, постоји и велики избор различитих компоненти и решења на тржишту, што омогућава компанијама и појединцима да изаберу оптимално решење за своје потребе по прихватљивој цени. У складу са тим, идеја овог рада јесте коришћење IoT технологије за ефикасно управљање отпадом. Ово представља значајан корак у решавању проблема загађене околине. Уз помоћ сензора и интернет конекције, могуће је непрестано пратити ниво напуњености канте. За лакше управљање над кантама, такође је развијен одговарајући web портал који омогућава праћење канти.

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДИКА РАДА



СЛИКА 1. Скица која илуструје како функционише систем.

FIGURE 1. Drawing which illustrates how the system functions.

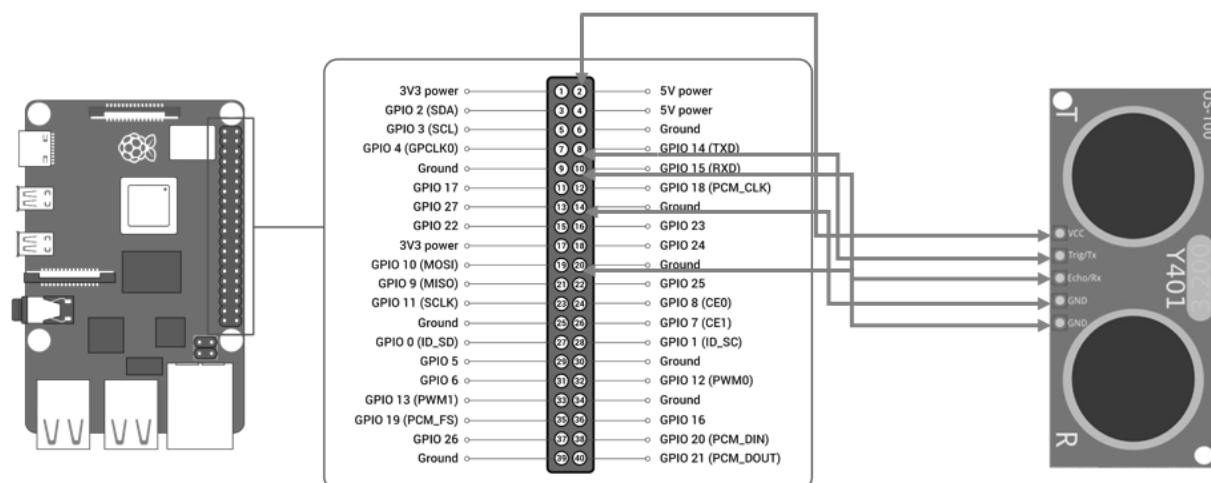
Овај рад се може поделити на више делова: IoT уређај, web портал за управљање над кантама. Идеја јесте осмислити IoT уређај који ће прослеђивати информације о самој канти (њена напуњеност, локација) интернет порталу. Улога интернет портала јесте да олакша приступ информацијама. Диспечер може прегледно да погледа статус сваке канте, као и њихове локације.

IoT уређај

Одлучио сам да користим Raspberry Pi 4B за потребе овог пројекта, пре свега зато што сам га већ раније користио у својим пројектима. Такође, има многе могућности које знатно олакшавају израду и употребу уређаја (Wi-Fi, као и могућност коришћења Linux оперативног система). Пошто је Raspberry Pi рачунар, такође је могуће и коришћење мобилне конекције уместо Wi-Fi-а помоћу USB модема, у случају да локација нема Wi-Fi мрежу на коју се канта може повезати. Међутим, може се користити Arduino плоча уместо Raspberry Pi-а, али плоча треба барем да садржи Wi-Fi (Arduino Uno Wi-Fi Rev2, на пример).

Један од начина преко којих можемо одредити колико је канта пуна јесте преко сензора који мере раздаљину. Постоје многи сензори на тржишту, али сам се одлучио за Arduino US-100. Сензор је врло приступачан (око 1200 динара), а довољно је прецизан за овај пројекат. Иако је сензор намењен за Arduino, може се користити са осталим плочама. Овај сензор има два протокола за комуникацију: серијски и „Trigger“ и „Echo“, а протокол се мења помоћу краткоспојника, који је другој страни плоче. Определио сам се за други начин комуникације зато што је једини који функционише на Raspberry Pi-у. Главна разлика између ових протокола јесте како сензору приступамо у коду, тачност прочитаних података је иста. Уређај је прилагођен за тестирање на кућној канти.

За софтверски део уређаја, одлучио сам да користим Python. Постоје подразумеване библиотеке за Python које долазе уз Raspbian и дозвољавају да управљам GPIO (General-purpose input/output) пиновима.



СЛИКА 2. Шема повезивања Arduino US-100 сензора са Raspberry Pi 4B.

FIGURE 2. Connection scheme of Arduino US-100 sensor with Raspberry Pi 4B.

VCC сам повезао са 5V пином, Trig/TX са GPIO 14 (TXD), Echo/Rx са GPIO 15 (RXD), а GND са уземљењем.

Као што је већ напоменуто, за израду софтверског дела, користио сам Python. Користио сам следеће библиотеке: RPi.GPIO (служи за управљање GPIO пинова), Requests библиотеку (служи за прослеђивање података серверу)^{[4][5]}. Такође је имплементирана виртуална приватна мрежа за безбеднију комуникацију између уређаја и сервера.

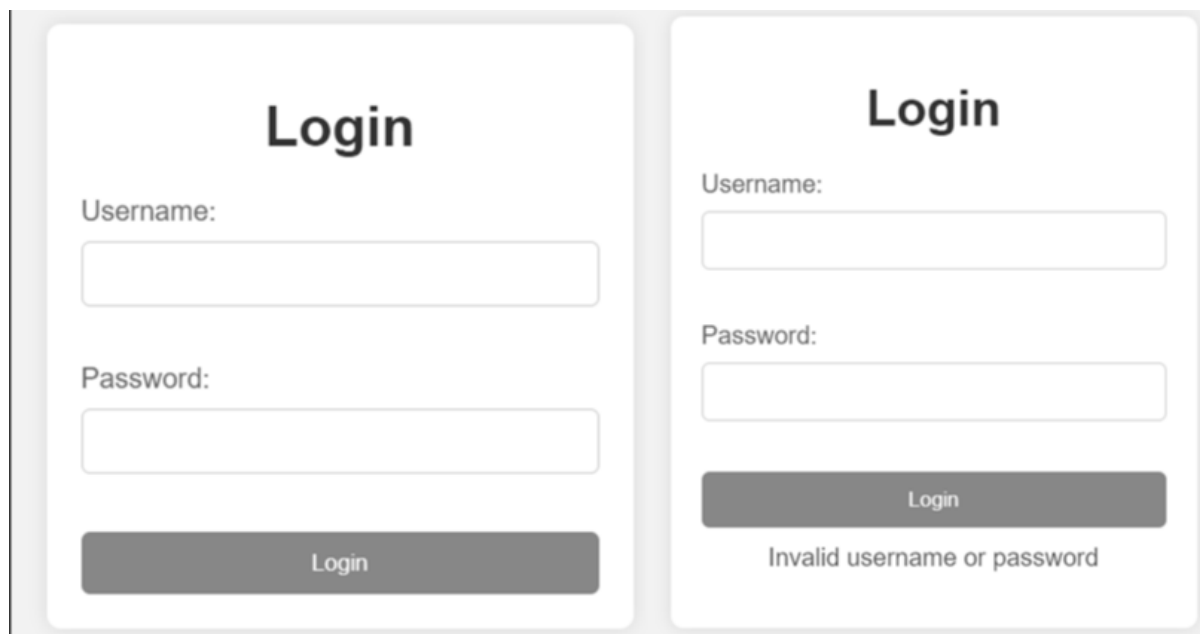


СЛИКА 3. Прототип IoT уређаја.

FIGURE 3. Prototype of the IoT device.

Web портал

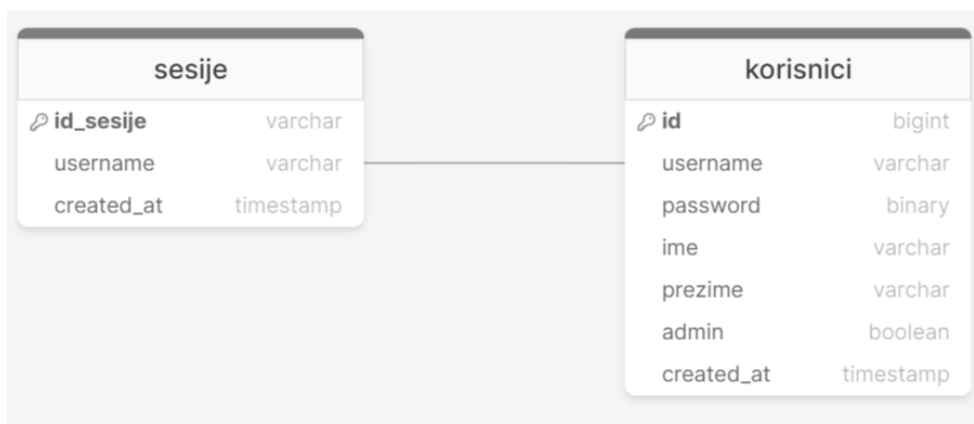
Web портал се може поделити на frontend и backend. За backend (серверски део) користио сам Python и библиотеку Flask. Flask је web-framework који је једноставан и флексибилан^[6]. Такође сам користио MySQL за чување података. Frontend (кориснички део) је дизајниран помоћу основног HTML-а, CSS-а и JavaScript-а.



СЛИКА 4. Снимак екрана који приказује страницу за пријављивање.

FIGURE 4. Screenshot which shows the sign in page.

Информације корисника (диспечера) се чувају у MySQL табели. Лозинка је хешована тако да особа са директним приступом бази података не може да прочита лозинке корисника. У случају да је корисник унео погрешно корисничко име или лозинку, систем има вештачко кашњење што додатно штити систем од недозвољених корисника^[7]. Када корисник унесе тачне информације, сервер генерише идентификатор сесије који се чува у бази података, а и као колачић у интернет претраживачу. Сесија истиче након 24 часа или када се корисник одјави.



СЛИКА 5. SQL дијаграм табела за корисничке налоге.

FIGURE 5. SQL user account diagram.

| | | | | |
|---------------------|------|----------|-------------|--------|
| Dobro došao, Bojan! | Mapa | BinSense | Podešavanja | Logout |
|---------------------|------|----------|-------------|--------|

Upozorenja:

| Lokacija | Status |
|--------------------------------|--------|
| Sekule Vitkovića 53, Ugrinovci | 80% |
| Nikole Begovića 49, Ugrinovci | 90% |

| Lokacija | Status |
|---------------------------------|--------|
| Sekule Vitkovića 55, Ugrinovci | 30% |
| Nikole Begovića 50, Ugrinovci | 56% |
| Dr. Živka Bertića 55, Ugrinovci | 12% |

СЛИКА 6. Главна страна web портала.

FIGURE 6. Main page of the web portal.

Након успешне пријаве у систем, корисник је преусмерен на главну страну web портала. У самом систему, пре него што се приказују странице са информацијама, извршава се провера. Провера се колачић који се чува у претраживачу, односно идентификатор сесије. У случају да је сесија истекла или колачић не постоји, корисник се преусмерава на страницу за пријављивање.

На самој страници, прво се приказују канте које имају упозорење. Канте имају упозорење ако пређу одређен ниво пуњивости (подразумевана вредност је 60%, али је могуће променити преко административне странице). У случају да не постоје канте које су упозорене, ова табела се не приказује, а све остале канте се приказују у одвојеној табели.



СЛИКА 7. Мапа канти на web порталу.

FIGURE 7. Map of cans on the web portal.

Web портал такође поседује опцију приказивања канти на мапи. Ова функционалност је имплементирана помоћу Гугл Мапа односно Google Maps Embed API^[8]. Ова опција је бесплатна, али за добијање API кључа који је потребан је потребна дебитна картица.

Постоје подразумевана подешавања за мапу. У колачићу се чувају тренутне координате, као и да ли се приказују само упозорене канте или све канте. Подразумевано се приказују све канте, као и подразумевани део мапе. Корисник сам може да помера мапу, као и да кликне на пин канте да види прецизну адресу. У случају да корисник жели да види само канте са упозорењем, може да притисне дугме „Само упозорења“, што мења вредност колачића са подешавањима и освежава страницу. На серверској страни се колачић проверава и у случају да је изабрана опција да се прикажу само упозорене канте, систем прослеђује само упозорене канте мапи. Уколико корисник жели да врати приказ свих канти, може да притисне дугме „Све канте“ које враћа подразумевану вредност колачића. Када се промене координате на мапи, оне се аутоматски чувају у колачићу, што дозвољава кориснику да освежи страницу без да изгуби тренутну локацију на мапи. Такође је омогућена опција да се ресетују подешавања што враћа координате на подразумеване као и приказ свих канти.



СЛИКА 8. Административна страница web портала.

FIGURE 8. Administrative page of the web portal.

Административна страница је намењена администраторима да мењају параметре портала, као и да региструју нове кориснике. Када је пријављен обичан корисник, њему се не приказује опција за административну страницу. Пре него што се отвори страница, извршава се провера на серверу. Проверава се да ли је пријављен корисник администратор. У случају да није, преусмерен је на главну страницу web портала. У API захтеву за регистровање корисника, такође се извршава провера тако што се прослеђује и идентификатор сесије администратора што спречава недозвољеним корисницима да праве налоге на порталу. Исто важи и за мењање вредности када канте добијају упозорење.

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Током израде пројекта, одлучио сам да тестирам систем тако што сам га имплементирао у својој кући. Монтирао сам један уређај у кухињи, а други у својој соби. Уређај је тачно мерио ниво пуњења канте, омогућавајући да непрекидно пратим колико је канта пуна. Такође сам тестирао web портал тако што сам додао више симулираних канти. Систем се показао као функционалан.

ЗАКЉУЧАК

За пројекат минималне вредности, идеја је била направити уређај који ће моћи да прати стање канти за смеће, као и одговарајући систем који ће моћи да приказује информације о кантама. Пројекат испуњава свој циљ. У будућности, планирам да проширим овај пројекат тако што ћу додати аутоматско генерисање оптимизованих рута за прикупљање отпада. Оптимизоване руте доприносе околини јер праве мање угљен-диоксида, а и троше мање ресурса. Желим да имплементирам машинско учење, које ће моћи да процени када ће се једна канта напунити, што додатно може да оптимизује цео процес прикупљања отпада у граду.

ЛИТЕРАТУРА

1. H.O. Iyamu, M. Anda, G. Ho (2020): “*A review of municipal solid waste management in the BRIC and high-income countries: A thematic framework for low-income countries*”, Habitat International 95 (2020): 102097.
2. Al-Mosa, Y., Parkinson, J., & Rundle-Thiele, S. (2017): “*A socioecological examination of observing littering behavior. Journal of Nonprofit & Public Sector Marketing*”, 29(3), 235-253.
3. Luigi Atzori, Antonio Iera, Giacomo Morabito (2010): “The Internet of Things: A survey”, Computer networks, 54(15), 2787-2805.
4. <https://pypi.org/project/RPi.GPIO> - „pypi” страница RPi.GPIO модула
Аутор: Ben Croston
5. <https://pypi.org/project/requests> - „pypi” страница Requests библиотеке
Аутор: Kenneth Reitz
6. <https://pypi.org/project/Flask> - „pypi” страница Flask web framework-a
Аутор: Pallets Projects
7. Sullivan, B. (2007): “Preventing a brute force or dictionary attack: how to keep the brutes away from your loot”
8. Web документ: Google Inc.: “The Maps Embed API overview”, Преузето 27. децембра 2023. са сајта
<https://developers.google.com/maps/documentation/embed/get-started>