



Дигитализација у очувању природних ресурса и одрживом развоју

Зденка Бабић

Сажетак: Дигитализација је трансформација процеса људског дјеловања у такав облик који користи дигиталне технологије. Циљ овог поглавља је да пружи свеобухватан преглед дигиталних технологија које се користе у очувању природних ресурса и одрживом развоју, те да прикаже стање у овој области у Републици Српској. У процесима опажања дигиталне технологије проширују границе спознаје креирањем нових информација. Мијењајући начин посматрања ствари, дигиталне технологије мијењају и наш начин размишљања, помажу у разумијевању сложених система и расуђивању. Незаобилазан су дио система за подршку одлучивању, те аутоматизацијом процеса олакшавају провођење активности. У првом дијелу поглавља описане су дигиталне технологије које се користе у процесима опажања, од једноставних па до когнитивних сензора, сензорских мрежа, даљинских истраживања, Интернета ствари и сервиса у облаку, те расуђивање и одлучивање потпомогнуто дигиталним технологијама као што су технологије података великог обима, Географски информациони систем, вјештачка интелигенција и рачунарство у облаку. Приказана је и улога аутоматизације и роботике,

Цитирање: Бабић З (2023) Дигитализација у очувању природних ресурса и одрживом развоју. У: Матаруга М, Јањић В, Пржуљ Н (уредници) Природни ресурси у функцији развоја друштва XXI вијека. Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука, Монографија LIII:455–542

Cite as: Babić Z (2023) Digitization in conservation of natural resources and sustainable development. In: Mataruga M, Janjić V, Pržulj N (eds) Natural resources for the development of society in the 21st century. Academy of Sciences and Arts of the Republic of Srpska, Banja Luka, Monograph LIII:455–542

те уграђених и сајбер-физичких система у сфери очувања природних ресурса и одрживог развоја. Анализиран је и утицај дигиталних технологија на образовање и приступ информацијама у домену природних ресурса. Затим је, у другом дијелу поглавља, дат преглед стања дигитализације у Републици Српској у сегментима који се односе на водне и минералне ресурсе, покривеност и начин коришћења земљишта, шумске ресурсе и биодиверзитет. Као и свуда у свијету, управљање природним ресурсима у Републици Српској постаје све сложеније, јер је неопходно помирити потребу за убрзаним економским растом са очувањем природних ресурса, задовољити потребе садашњице, не доводећи у питање способност будућих генерација да задовоље властите потребе. На путу ка одрживом развоју Република Српска улаже велике напоре дјелујући на националном нивоу и укључујући се у глобалне иницијативе. Приказане су активности које се проводе у циљу одрживог развоја пољопривреде, одрживог коришћења природних ресурса, на пољу зелене енергије, Индустрије 4.0 и одрживог туризма, те у области образовања и приступа информацијама. Активности су за сада углавном везане за израду информационих система, док је примјена осталих дигиталних технологија на веома ниском нивоу. Евидентно је да се експлоатација природних богатстава, пољопривреда и велик дио индустрије Републике Српске и даље у великој мјери ослањају на застарјеле методе. Констатован је несклад између добро развијеног сектора информационо-комуникационих технологија и примјене дигиталних технологија у очувању природних ресурса и одрживом развоју. Посебна пажња је посвећена прегледу научноистраживачких активности у којима се дигиталне технологије користе за очување природних ресурса и одрживи развој Републике Српске. Анализа научноистраживачких активности у овој области указује на фрагментираност истраживања и мали број мултидисциплинарних тимова, те недостатак значајније институционалне подршке. Како би се боље искористиле предности које би могла донијети дигитализација у очувању природних ресурса и одрживом развоју Републике Српске, неопходан је мултидисциплинарни научни приступ, политика управљања која је свеобухватна, интегрисана, експлицитна, отворена и одговорна, као и веће ангажовање цијелог друштва.

Кључне ријечи: Дигитализација, природни ресурси, одрживи развој, сензори, даљинска истраживања, подаци великог обима, вјештачка интелигенција, рачунарство у облаку, системи за подршку одлучивању

9.1. Увод

Људско друштво стално се суочава са ситуацијама којима се никада раније није бавило у прошлости. Данас је то никад бројнија људска популација, хиперповезани свијет у којем кретање ствари и информација никад није било веће, свијет у коме се развијају дигиталне технологије наизглед брже него што им се можемо прилагодити, свијет у коме страхујемо од уништења природних ресурса и када су колективна свијест и отворене политике о потреби њиховог одрживог развоја важније него икада прије.

Некада давно човјек је научио да запали ватру. Био је то тренутак кад је стекао моћ да ноћ претвори у дан, да контролише хладноћу, да обезбиједи храну, али истовремено и да уништи шуму. Свјестан својих моћи, на урођеном и искуственом нивоу знања управљао је ватром са што мањим нарушавањем животне средине и чувајући природне ресурсе. Моћ и контрола моћи коју је стекао унијели су вишеструке промјене у људском понашању, неминовно и оне које није био у стању да предвиди. У тренутку открића ватре човјек вјероватно није ни слутио да ће се његов пробавни систем промијенити и прилагодити на кухану храну. Да ли је требало да се одрекне добробити које је донијело откриће ватре из страха од промјена које није био у стању да сагледа? Стотинама хиљада, а можда и милионима година касније, као и увијек кроз историју, у доба великих открића и промјена, када се у кратком времену понашање друштва брзо мијења, постављају се иста питања и остају без јасног одговора. А промјене су неминовне и незаустављиве у развоју људске врсте. Са изазовима нових технологија човјек се сусретао од свог постанка. Сада у својим рукама има дигиталне технологије. Можда још увијек недовољно свјестан могућности и посљедица, мора да научи да их користи. И боји се, јер слути да би могао да погријеша, вјероватно једнако као што се бојао кад је успио да запали ватру и као што ће се у будућности бојати нечег другог са чим се раније није сусретао. Међутим, за генерације које су дошле, паљење ватре било је нешто што се подразумијева. Слично се дешава и са дигиталним технологијама. Предности су огромне, а одговорност је на свима нама и на свим будућим генерацијама.

У доба убрзаног технолошког развоја управљање природним ресурсима постаје све сложеније. Проблеми са којима се суочавамо често укључују компромисе: треба одлучити гдје, када и како користити природне ресурсе с обзиром на потенцијалне утицаје на друге ресурсе и окружење, како градити инфраструктуру, како ублажити поремећаје узроковане природним опасностима или другим катастрофалним промјенама, како вршити промјене

намјене земљишта, или како се бавити реалношћу климатских промјена. Ти процеси укључују ширу заједницу, одвијају се на великим просторно-временским скалама и захтијевају мултидисциплинарни приступ. Самим тим, за доношење одлука више није довољно само искуствено знање стечено кроз лекције из прошлости, већ су неопходне опсежне анализе за које у неким ситуацијама нема довољно времена и које често превазилазе истраживачке, аналитичке и синтетичке вјештине појединачног научника или експерта. Стога је потребан научни и институционални тимски рад и праћење, као и ангажовање заинтересованих страна и чланова јавности (Voinov et al. 2014). Аутори у (Glynn et al. 2017) сугеришу да „друштво може побољшати управљање природним ресурсима (1) препознавањем извора људских одлука и размишљања и разумијевањем њихове улоге у научном напредовању до знања; (2) разматрањем човјекових потреба и склоности, вјеровања, хеуристика и вриједности којима ће се можда бити потребно супротставити или их прихватити; и (3) креирањем науке и политике управљања која је инклузивна, интегрисана, која узима у обзир различитости, која је експлицитна и одговорна”.

Дигиталне технологије дубоко прожимају сваки од наведених сегмената. Мијењајући начин посматрања ствари креирањем нових информација, мијењају и наш начин размишљања, те утичу на начин на који одлучујемо и дјелујемо. Дигиталне технологије утичу, најчешће позитивно, на понашање у акутним ситуацијама природних катастрофа, али и када се суочавамо са новим, сложеним проблемима или ситуацијама, посебно ако се њима треба управљати у корист шире заједнице, дугорочно и шире. Помажу нам у разумијевању сложених система и пружају подршку с циљем бољег управљања природним ресурсима и одрживог развоја.

Наше људско просуђивање, одлуке и дјеловања имају свјесне и несвјесне изворе. Могу бити посљедица урођеног брзог размишљања које захтијева сразмјерно мало напора (Канеман 2011) или логичке анализе која је спора и захтијева велики напор. Наш мозак непрестано тражи и користи пречице да минимализује ментални напор (Stanovich and West 2003). Стога већину одлука доносимо брзим размишљањем, без дубоке анализе. Многи урођени и искуствени одговори неопходни су ради уштеде времена и енергије, без њих бисмо били замрзнути сложеношћу управљања (Schwartz 2004; Levine et al. 2015). Међутим, многа питања политике и управљања природним ресурсима на које се данас обраћа пажња често су новине за човјечанство, те одговори и радње засноване на искуственом знању углавном нису најбоље могуће за дугорочну корист шире заједнице. Научници из области друштвених наука, геологије и еколози залажу се за важност препознавања

и намјерног спровођења оба типа размишљања да би се катализовао научни напредак (Glynn 2014; 2015; Österblom et al. 2015; Scheffer et al. 2015). Аналитичко размишљање је од суштинске важности за признате научне методе, којима настојимо да успоставимо скуп „истина“ кроз пажљиво постављене хипотезе, поновљиве експерименте и провјеру квалитета. Људска чула имају ограничене способности реаговања. Она прикупљају и просљеђују мозгу приближно толико просторно-временских информација колико их мозак може обрадити. Дигиталне технологије превазилазе ова ограничења. Проширују просторно-временску скалу посматрања чак и ван граница Земље и ван граница садашњег тренутка. Омогућавају мјерења у високој резолуцији и опажања, поновљивост и документовање, брзу размјену информација и брзо дјеловање. Једноставно прикупљају огромне количине података и анализирају их. Омогућавају стицање искуственог знања користећи моделовање и симулације. Предикцијама унапријед и уназад ублажавају оскудност информација при доношењу одлука у новим ситуацијама. И као коначан исход, људима сервирају информације у количини и форматима које људски мозак може да прихвати, те пружају подршку одлучивању и дјеловању.

9.2. Дигиталне технологије од опажања до дјеловања

Посматрањем наша чула примају и мозгу просљеђују обиље разноликих информација о појавама и особинама физичког свијета, али само ако учимо нешто што захтијева нашу пажњу, то ће довести до дубље анализе у којој у процесу расуђивања доносимо одлуке и на крају дјелујемо. Од тренутка када постанемо свјесни подражаја, говоримо о опажању. Опажања су похрањена у нашој меморији и могу се касније користити с одређеним степеном поузданости. Ако смо увјерени у истинитост својих или туђих опажања, сматрамо их чињеницама и они постају дио наше базе знања. Већина људских дјеловања са циљем очувања природних ресурса може се описати оваквим кружним моделом, представљеним на Сл. 9.1. Дигиталне технологије прожимају сваки сегмент тог природног пута од чулних инпута до знања, управљања и дјеловања. Дигитална трансформација, као процес усвајања дигиталних технологија за трансформисање производних процеса или услуга, не само осавременивањем класичних процеса производње и пружања услуга коришћењем нових дигиталних технологија, већ и увођењем потпуно нових креативних и иновативних рјешења, значајно доприноси очувању природних ресурса и одрживом развоју. Сл. 9.2 приказује неке

сегменте науке који су омогућили дигиталну трансформацију и налазе се у позадини нашег дигиталног живота.



Сл. 9.1. Кружни модел очувања природних ресурса (Бабић З.)
Fig. 9.1. Circular model of natural resources conservation (Babić Z)



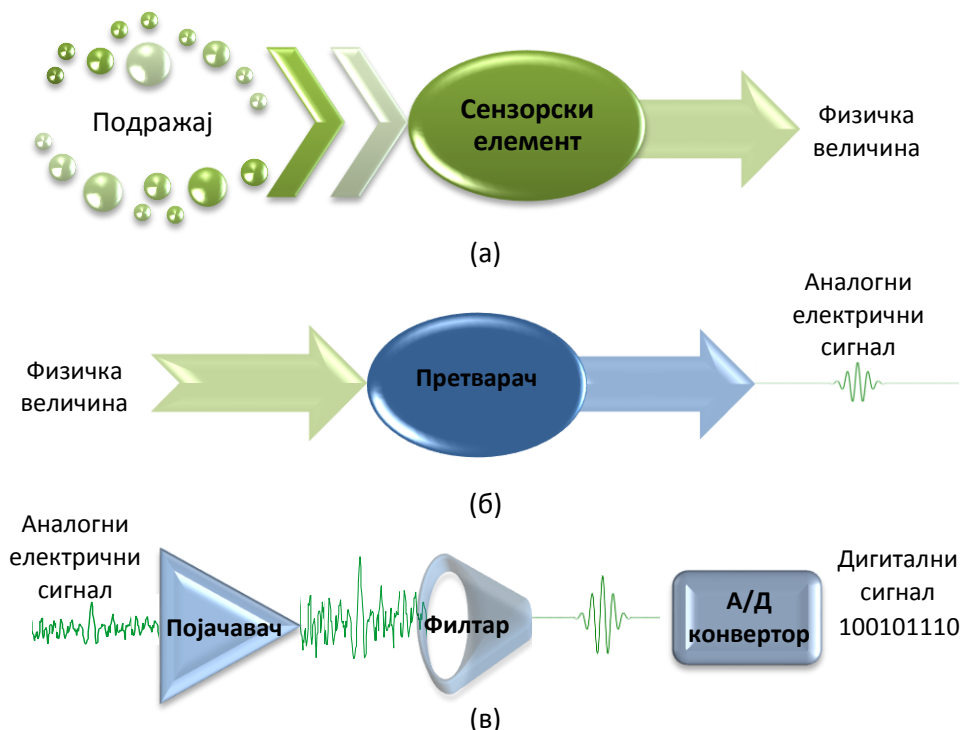
Сл. 9.2. Научноистраживачке области које су омогућиле дигиталну трансформацију (Бабић З.)
Fig. 9.2. Scientific research areas that have enabled digital transformation (Babić Z)

9.2.1. Дигиталне технологије опажања

Сензори

Наша чула континуално примају подражаје из вањског свијета. Познато је да, као резултат еволуционе адаптације и ситуације у којој се налазимо, неке подражаје доживљавамо снажније од других (Buss 2004). Од тренутка кад постанемо свјесни подражаја, говоримо о опажању. Опажања се складиште у нашој меморији и могуће их је касније употрежити са неким степеном поузданости. Ако се увјеримо у истинитост властитих или туђих опажања, сматрамо их чињеницама и они постају дио наше базе знања. Многа су ограничења људских чула и људског ума које дигиталне технологије превазилазе. На примјер, неке појаве трају кратко или су недовољно снажне, просторно и/или временски недоступне, па промакну нашим чулима и не бивају меморисане, а самим тим не улазе у базу знања и не могу се користити приликом одлучивања. Сензори (Wilson 2005) трансформишу сигнале који су физичка манифестација информација о понашању или особинама неког феномена у дигиталне податке. Ти сигнали, понекад неухватљиви људским чулима, у виду дигитално записаних података и информација меморишу се, обрађују и анализирају.

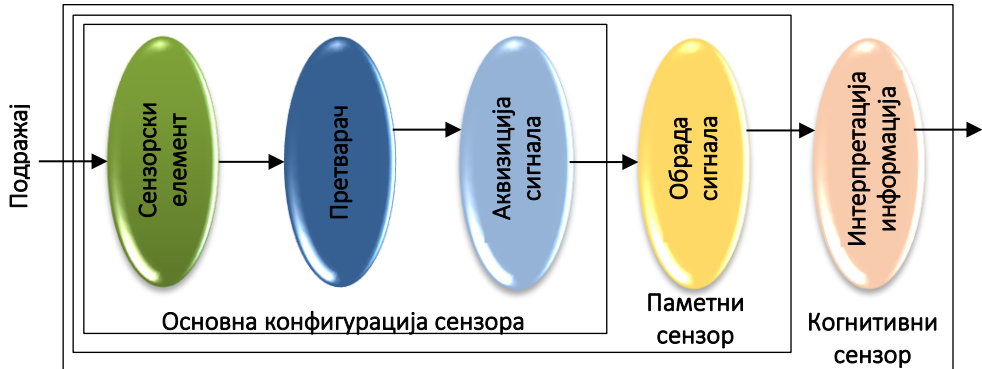
Основни сензорски модули: сензорски елемент, претварач и модул за аквизицију сигнала приказани су на сл. 9.3. Сензорски елемент под утицајем специфичног подражаја генерише мјерљиву физичку величину. По својој природи, сензорски елементи могу бити веома разнородни, као што су електрохемијски, електрични, оптички, пиезоелектрични, калориметријски, а у новије вријеме се развијају и биосензори (Mehrotra 2016). Затим, претварач конвертује ту физичку величину у електрични сигнал. Аквизиција сигнала почиње уобличавањем сигнала у аналогном домену, најчешће појачавањем и филтрирањем (одбацивањем нежељених компоненти). Будући да ми свијет око нас доживљавамо као аналогни, што значи да сматрамо да физичке величине постоје у сваком тренутку времена и у свакој тачки простора, те да су њихове амплитуде аналогне, тј. да разлика нивоа амплитуда може да буде бесконачно мала, сљедећи корак у аквизицији сигнала је аналогно/дигитална (А/Д) конверзија. Аналогно/дигиталном конверзијом се, одмјеравањем у времену и квантизацијом по амплитуди, аналогни сигнал преводи у дигитални. Тако прикупљени дигитални подаци могу се меморисати у облику тзв. сирових података или неком предефинисаном формату даље обрађивати и преносити. Обрађени мјерни подаци постају информација о посматраном феномену. Крајњим корисницима је могуће предочити сирове податке и/или информације.



Сл. 9.3. Основни сензорски модули: (а) сензорски елемент, (б) претварач, (в) блок за аквизицију сигнала (Бабић З.)

Fig. 9.3. Basic sensor modules: (a) sensor element, (b) transducer, (c) signal acquisition block (Babić Z)

Сложеније изведбе сензора, Сл. 9.4, имају уграђене модуле који реализују алгоритме за интерпретацију прикупљених података. Такви сензори припадају скупини паметних сензора. Дефиниције појма „паметни сензор” се разликују, али обично се подразумеива да је паметни сензор комбинација основних сензорских модула са могућностима обраде које пружају микрорачунари. Најважније функционалности паметног сензора су обрада, анализа и интерпретација сигнала, те пренос сигнала и информација. Комуникација може да се обавља са крајњим корисником (човјек, рачунар) или између сензора, када говоримо о сензорским мрежама (Akyildiz et al 2002; Townsend and Arms 2005; Yick et al. 2008; Kandris et al. 2020). Њихова предност је у смањеној потрошњи енергије, јер се подаци обрађују на мјесту аквизиције и ка серверима се преносе само значајни подаци. Способности паметних сензора са интерном обрадом података су далеко веће од



Сл. 9.4. Основна конфигурација сензора, паметни сензор и когнитивни сензор (Бабић 3.)

Fig. 9.4. Basic sensor configuration, smart sensor and cognitive sensor (Babić Z)

прикупљања саме информације о измјереним величинама. Паметни сензори могу да буду самосвјесни, да процијене властито стање исправности и процијене ваљаност обрађених података. Интегришући најновија достигнућа когнитивне науке и вјештачке интелигенције са бежичним сензорима мале снаге, паметне сензорске мреже могу да оптимизују перформансе појединачних сензора и тако обезбиједe боље разумијевање података, мјерења, па и саме средине у којој се врши мјерење. Покретачки циљ у развоју паметних сензора је имплементација система на ненаметљив начин тако да се информације достављају кориснику одакле год, гдје год и кад год је то потребно у облику који је прикладан за конкретну апликацију. Уграђивањем алгоритама вјештачке интелигенције паметни сензори прерастају у когнитивне сензоре (Shenai and Mukhopadhyay 2008, Al-Turjman 2017), са могућношћу да примјећују, истражују, анализирају и доносе закључке. Истраживања у овој области крећу се ка развоју сензорских система са циљем да кориснику предоче квалитетне информације како би корисници знали да донесу паметније одлуке. Когнитивни сензори продиру из сфере опажања у сферу расуђивања и одлучивања.

Бежичне сензорске мреже

Бежична сензорска мрежа (*Wireless Sensor Network – WSN*) представља групу просторно распоређених аутономних сензора за мјерење параметара околине, са пропратним уређајима за организовање прикупљених података и њихов бежични пренос од сензора ка некој централној локацији (Akyildiz and Vuran 2010; Yick et al. 2008). Модерније мреже омогућавају контролу

активности сензора и међусобну комуникацију између самих сензора. WSN је изграђена од неколико стотина или чак хиљада тзв. „чворова“, састављених од електронског кола за повезивање са сензорима, микрорачунара, радио-примопредајника и извора енергије. Сваки чвор је повезан са једним или више сензора. Величина сензорског чвора варира од неколико десетина центиметара па до величине зрна прашине, што са собом повлачи и ограничења у виду ресурса, као што су енергија, меморијски капацитет, рачунарски ресурси и пропусни опсег комуникације. Основне особине WSN односе се на потрошњу енергије у чворовима који користе батерије или имају могућност сакупљања нпр. сунчеве енергије, способност издржавања тешких услова околине и суочавања са кваровима, хомогеност/хетерогеност чворова, покретљивост чворова, скалабилност, могућност оптимизације и лакоћу коришћења. Комуникације у бежичним сензорским мрежама захтијевају посебну пажњу јер се разликују од уобичајених метода комуникације. Потребно је омогућити умрежавање великог броја уређаја, малу потрошњу енергије и високу робусност. Често је случај да сусједни чворови региструју сличне вриједности параметара животне средине, те у таквим подацима постоји велика просторна редунданса. Због тога су развијени алгоритми који уклањају сувишне информације генерисане у сензорским чворовима, тако да се од чворова преносе даље само корисне информације. На тај начин се смањује количина мрежног промета и значајно смањује потрошње енергије у чворовима.

Бежичне сензорске мреже су нашле веома велику примјену у праћењу параметара животне средине, те се стога све више примјењују у праћењу стања и заштити природних ресурса (Hart and Martinez 2006). Употреба великог броја дистрибуираних сензора којима се прати квалитет надземних и подземних вода омогућава генерисање тачнијих мапа, чак и за тешко приступачне терене. Значајно је поменути и улогу бежичних сензорских мрежа у раном откривању и спречавању штетних посљедица природних катастрофа, попут поплава, клизишта и пожара. Оне омогућавају да се промјене нивоа воде прате у реалном времену без одласка на лице мјеста (Castillo-Effer et al. 2004). Коришћењем сензора за откривање незнатних помјерања земљишта могуће је предвидјети појаву клизишта прије него што се то заиста догоди. Мрежа чворова опремљених сензорима за мјерење температуре, влажности и гасова који настају сагоријевањем може се инсталирати у шуми ради раног откривања и праћења ширења пожара (Yu et al. 2005), итд.

Интернет ствари

Развој бежичних дигиталних телекомуникација и интернета је на таквом нивоу да већ данас сваки објекат са уграђеним модулима за комуникацију (тзв. „паметну ствар“) можемо идентификовати и адресирати. Мрежу физичких објеката са софтвером и другим технологијама у сврху повезивања и размјене података са другим уређајима и системима путем интернета називамо Интернет ствари (*Internet of Things* – IoT) (Li et al. 2015; Gardašević et al. 2017a; Elijah et al. 2018). У том контексту, Интернет ствари појављује се као парадигма у којој „паметне ствари“ активно сарађују међу собом и са другим физичким и виртуелним објектима доступним на интернету, пружајући информације и функционалности са додатном вриједношћу за кориснике (Delicato et al. 2013). Такви „паметни“ објекти опремљени сензорима могу да надгледају физичко окружење у ком се налазе. Савремене когнитивне сензорске мреже (Al-Turjman 2017) за IoT су, осим за мјерење и слање података, способне да уче, расуђују и представљају знања о посматраним појавама, да брину о квалитету информација (Arsalaan et al. 2021) и да се динамички прилагођавају промјенљивим условима рада и корисничким захтјевима.

IoT апликације у заштити природних ресурса се углавном користе за инвентар и мониторинг стања (Khanna and Kaur 2019; Ayaz et al. 2019), прикупљањем података о температури, влажности, структури земљишта, брзини вјетра (Simić et al. 2020), те појави зараза и штеточина. У процесима аутоматизације производње, IoT се користи са циљем минимизације ризика и очувања природних ресурса, користећи нпр. прецизно ђубрење и минимизирајући примјену хербицида и пестицида (Zhang 2015). Иако Интернет ствари већ има индиректни утицај на природне ресурсе кроз примјене у одрживом развоју, нпр. кроз „паметну“ пољопривреду, IoT уређаји са сензорима за надгледање квалитета воде, рану детекцију поплава и пожара, те надгледање кретања дивљих животиња и њихових станишта (Saravanan et al. 2018) тек су неке од апликација које ће у скорој будућности, посебно због глобалног приступа подацима, бити свеprisутне у очувању и одрживом управљању природним ресурсима (Hart and Martinez 2015, Salam 2020a, Salam 2020b).

RFID сензори

Технологија радио-фреквенцијске идентификације (*Radio-frequency identification* – RFID) такође је значајно утицала на развој сензора. RFID сензори (Meng and Li 2016) представљају исплативо рјешење за



Сл. 9.5. Пчела са RFID тагом (Бабић З.)

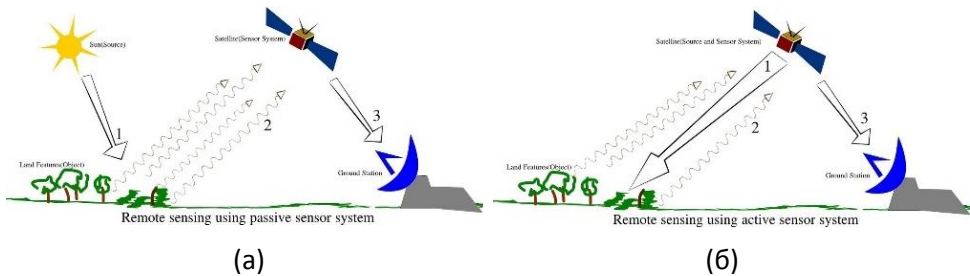
Fig. 9.5. Bee with RFID tag (Babić Z)

недеструктивно мјерење параметара животне средине, углавном гасова, влажности и температуре. Њима се у комбинацији са бежичним сензорским мрежама и сервисима у облаку, о којима ће касније бити више ријечи, може остварити дугорочно и јефтино посматрање различитих параметара услова средине (Deng et al. 2020). За мјерења у неприступачним предјелима користе се системи формирано од огромног броја минијатурних јефтиних микроелектромеханичких система који се расипају у виду прашине (Park and Park 2020), те се и зову „паметна прашина” (*Smart Dust*), а за комуникацију се користи радио-фреквенцијска идентификација. RFID се користи и за означавање животиња са циљем праћења и прикупљања података о њиховим стаништима и понашању, неопходних за очување биодиверзитета. Напретком технологија, изведбе RFID ознака (тагова) постају све мањих димензија и тежине, тако да их је могуће постављати и на инсекте, па се користе и за праћење пчела, Сл. 9.5, и тако доприносе рјешавању глобалног проблема изумирања пчела.

Даљинска истраживања

Даљинска истраживања (Jensen 2009; Wang and Weng 2013; Sharma et al. 2021) представљају активности посматрања и опажања објеката или појава на удаљеним локацијама, када уређаји за снимање или истраживање нису у директном или блиском контакту са објектом или мјестом дешавања. У ужем смислу, даљинска истраживања односе се на прикупљања информација о Земљиној површини и атмосфери, користећи сензоре монтиране на сателите, авионе и беспилотне летјелице, који мјере електромагнетну енергију и биљеже податке у виду дигиталних снимака.

Просторна резолуција дигиталних снимака, тј. могућност разазнавања просторно блиских објеката, зависи од удаљености са које се врши снимање. Просторна резолуција сателитских снимака је углавном ниска (Pettorelli 2019). Уобичајено један пиксел одговара површини од око 1.000 м или више.



Сл. 9.6. (а) Пасивни и (б) активни сензори за даљинска истраживања (Arkarjun 2013)

Fig. 9.6. (a) Passive and (b) active sensors for remote sensing (Arkarjun 2013)

Највиша резолуција која се може постићи сателитским снимцима у данашње вријеме износи 10–20 м. Проучавање природних ресурса често захтијева високу просторну резолуцију, па се поред сателита користе и снимци добијени сензорима монтираним на авионе и беспилотне летјелице. Повећањем резолуције повећава се и број пиксела по јединици површине, а тиме и енормно расту захтјеви за меморијским простором и процесорском моћи приликом обраде и анализе снимака, те о томе треба водити рачуна приликом избора просторне резолуције снимака за конкретну апликацију.

Други важан аспект у случају сателитског даљинског истраживања је фреквенција прекривања која указује на учесталост проласка сателита изнад одређене локације. За уочавање појава које кратко трају користе се геостационарни сателити који се постављају на надморској висини од 36.500 км и којима је потребно 24 сата да обиђу Земљу, те се чини да стоје у односу на одређену локацију на Земљи иако се крећу великом брзином.

Сензори који се користе за даљинска истраживања могу бити пасивни и активни (Сл. 9.6). Пасивни сензори реагују на емитовано или одбијено природно зрачење, док активни емитују енергију за скенирање објеката. Различити типови сензора покривају широк електромагнетни спектар од нискофреквенцијских радио-таласа, преко радарског, микроталасног и инфрацрвеног дијела спектра, видљиве свјетлости, ултраљубичастог, рендгенског и гама зрачења. Врсте слика добијених даљинским истраживањем најчешће су фотографске (Knipling 1970; Kondratyev 1998; Hunt et al. 2013), термовизијске (Kuenzer and Dech 2013), радарске (Richards 2009; Bergen et al. 2009) и лидарске (Wulder et al. 2008a; Hudak 2009; Bergen et al. 2009).

Сваки објекат дио долазећег зрачења апсорбује, а дио одбија. Поред тога, објекти и сами могу емитовати електромагнетно зрачење. Проучавајући количину електромагнетне енергије забиљежену на снимцима, могуће је идентификовати објекте и њихове особине, те пратити неке појаве. При томе, треба водити рачуна да енергија зрачења коју сензор детектује зависи од много фактора, као што су особине објекта у погледу апсорпције и рефлексије електромагнетног зрачења, маса, облик и положај објекта, атмосферски утицаји и карактеристике сензора.

Пасивни сензори за даљинска истраживања

Већина фотографских сензора раздваја долазно зрачење по спектралним опсезима. Спектрална резолуција слике односи се на могућност раздвајања података о зрачењима из блиских спектралних опсега. Првобитно је број спектралних опсега био мали, па су снимци са раздвојеним спектралним опсезима називани мултиспектралне слике (Fischer and Kakoulli 2006). Како број спектралних опсега све више расте, користи се и појам хиперспектралне слике (Adão et al. 2017; Lu et al. 2020), који означава да се ради са великим бројем спектралних опсега, обично неколико стотина. Приликом генерисања сивих (раније званих црно-бијелих) слика, сензор мјери укупну свјетлосну енергију која падне на његову површину, те не постоји информација који дио свјетлосне енергије потиче од којих спектралних опсега, већ само о њеном укупном износу на одговарајућој локацији. Тако добијена дигитална слика меморише се у виду матрице чије димензије одговарају броју пиксела. Сензори камера у боји производе три сигнала на позицији сваког пиксела. Спектрална разлучивост постиже се коришћењем три оптичка филтра, од којих један пропушта на сензор дио свјетлости који одговара плавом, други зеленом, а трећи црвеном опсегу таласних дужина. Стога су за складиштење слике у боји потребне три матрице. У случају мултиспектралних и хиперспектралних слика, број матрица потребних за запис слике једнак је броју коришћених спектралних опсега. Начин записа сивих, мултиспектралних и хиперспектралних слика приказан је на Сл. 9.7. Приказ слика у боји добије се коришћењем тзв. адитивног модела заснованог на људској перцепцији, при чему се боја сваког пиксела формира интеграцијом свјетлости из извора који зраче плаву, зелену и црвену свјетлост. За приказ мултиспектралних и хиперспектралних слика користи се псеудоколог, гдје се произвољне боје, које не одговарају стварном стању у простору, користе како би означиле подручја слике која се разликују по неким карактеристикама.

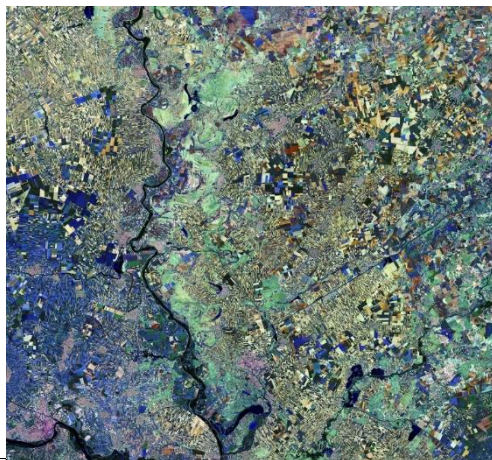
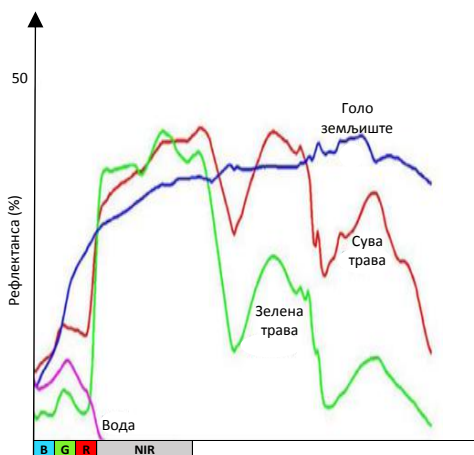


Сл. 9.7. Начин записа сиве, мултиспектралне и хиперспектралне слике (Beck A 2021)

Fig. 9.7. Representations of gray, multispectral and hyperspectral image (Beck A 2021)

Познато је да је спектрална крива рефлексије, која приказује количину зрачења у функцији таласне дужине коју објекат одбија, својствена објекту одређених особина (Сл. 9.8) и разликује се од спектралних кривих објеката другачијих особина. Стога сваки спектрални опсег мултиспектралних и хиперспектралних слика носи јединствени скуп информација о природним ресурсима и животној средини Земље. На примјер, водене површине, за разлику од копнених, апсорбују велик дио блиског инфрацрвеног зрачења (*Near-Infrared Range* – NIR), те се тај дио спектра користи за разликовање тла и воде. Одређени типови земљишта повећавају рефлексију црвеног дијела спектра, а помоћу микроталаса се снимају ледене површине и прати процес глобалног загријавања. Подаци из видљивог и инфрацрвеног дијела спектра користе се за процјену стања шума и других облика вегетације, првенствено на основу тога што хлорофил у биљкама апсорбује плави и црвени дио спектра, а рефлектује NIR зрачење.

Коришћењем софтвера за обраду и анализу дигиталних слика пиксели са сличним карактеристикама групишу се у предефинисане класе. Једна од значајних примјена ове технике је аутоматска класификација врсте и покривача земљишта (Risojević and Babić 2012; Risojević and Babić 2016). На примјер, сателит Сентинел-2 генерише слике из 13 спектралних опсега, тако одабраних да се могу користити за рачунање вегетацијских индекса у сврху разликовања врста биљака и биљних заједница, те за одређивање других



Сл. 9.8. Спектралне криве рефлексије неких материјала (Ashraf M A et al. 2011)

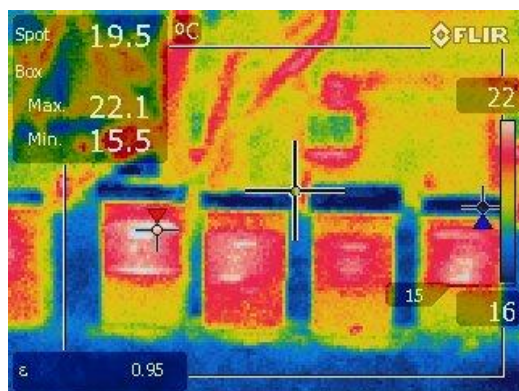
Fig. 9.8. Spectral reflection functions of some materials (Ashraf M A et al. 2011)

Сл. 9.9. Мултиспектрална слика са приказом у псеудокојору (European Space Agency 2017)

Fig. 9.9. Multispectral image in pseudocolor (European Space Agency 2017)

карактеристика, попут активног садржаја хлорофила и садржаја воде у листовима. На Сл. 9.9, која је снимљена око ријеке Тисе 2016. године, приказаној у псеудокојору, различите боје указују на различите типове земљишта и различита вегетативна стања биљака: жућкасте мрље приказују голо и свјеже орано земљиште, вјештачки водени токови се појављују као равне црне линије, док се нијансе плаве боје (првенствено у доњем лијевом углу) користе да означе усјеве у сличној фази раста.

Термовизија (Meola and Carlomagno 2004) је метод даљинског истраживања који користи пасивне сензоре да региструје емисију топлоте или инфрацрвено зрачење. Сваки објекат емитује инфрацрвено зрачење које се региструје термовизијским камерама. Термовизијске камере генеришу слике у виду термограма, видљивих слика гдје се скала боја, која се приказује уз термограм, користи да означи температурне вриједности. Обично се свјетлијим и топлијим бојама (жута, црвена) означавају топлија, а тамније и хладније боје (плава, љубичаста) користе се да означе хладнија мјеста.

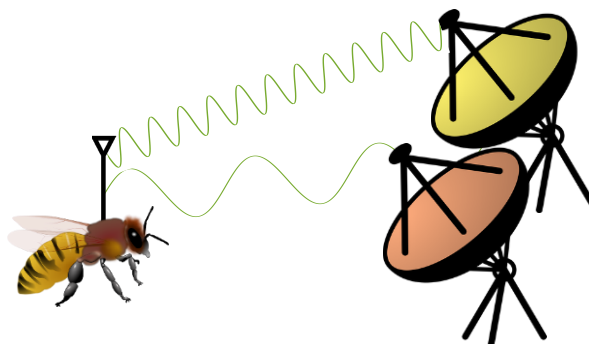


Сл. 9.10. Термовизијски снимак кошница (љубазношћу Кезић Н.)
Fig. 9.10. Thermovision image of hives (courtesy of Kezić N)

Праћење емисије инфрацрвеног зрачења нашло је широку примјену у природним наукама, гдје подржавају безбједна и неинвазивна мјерења и добијање резултата који се не могу добити било којом другом методом. Користи се за праћење дивљих животиња у њиховим природним стаништима и утврђивање величине њихових популација, јер су термовизијске камере у стању да забиљеже зрачење у дијелу спектра који је људском оку невидљив. Поред тога, користе се за анализирање утицаја фактора животне средине на понашање животиња (Cilulko et al. 2013). Могуће их је користити и за неинвазивно праћење стања пчелињих друштава (Eskov and Toboiev 2011). Термовизијски снимак пчелињег друштва у току презимљавања добијен без отварања кошнице приказан на Сл. 9.10 указује на бројност друштва и његов положај у кошници. Ова техника има и велики потенцијал за проучавање интеракција биљака и животне средине у различитим размјерама, од лишћа, преко појединачних садница, цијелог дрвећа, ратарских усјева, до региона. Нпр. термовизијски се могу пратити утицаји различитих стратегија управљања приликом наводњавања усјева, али и специфичне појаве, као што су абнормално затварање стомата и генотипске варијације у толеранцији на стрес (Costa et al. 2013).

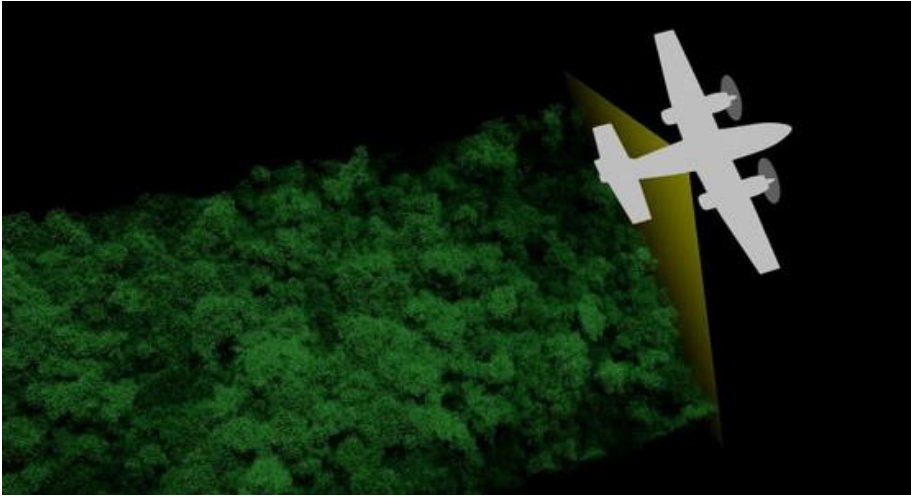
Активни сензори за даљинска истраживања

Радар (Radio Detection and Ranging) користи властито зрачење из микроталасног дијела спектра за даљинско снимање тако што детектује снагу



Сл. 9.11. Праћење пчела хармонијским радаром (Бабић З.)
Fig. 9.11. Tracking bees with harmonic radar (Babić Z)

и временско кашњење између емисије и повратка генерисаних импулса, на основу чега одређује локацију, висину, брзину и смјер кретања објекта. Будући да се ради о активном сензору, чије зрачење не зависи од вањских фактора, може да ради и дању и ноћу, као и у лошим временским условима (облаци, киша, магла). Сlike могу бити у високој просторној резолуцији (3–10 м). Радарски снимци садрже другачије информације о особинама објеката у поређењу са сликама из видљивог дијела спектра. На радарским снимцима се боље уочавају лед, океански таласи, геолошке и вјештачке структуре (грађевине). Резолуција радара посматра се по домету и азимуту. Резолуција по домету зависи од трајања генерисаних импулса и већа је што су импулси краћег трајања. Резолуција по азимуту одређена је угаоном ширином снопа који зрачи антена, односно ширином траке терена која је погођена радарским снопом. Радар са синтетичким отвором (*Synthetic-Aperture Radar – SAR*) (Krieger et al. 2007; Moreira et al. 2013) користи покретну радарску антену. Обично се поставља на покретну платформу, попут авиона или свемирске летјелице, па се положај антене у односу на циљ мијења у току времена. Код радара са синтетичким отвором се комбиновањем снимака са вишеструких положаја, дигиталним техникама обраде слике, формира синтетички отвор антене и постиже резолуција по азимуту која је и стотине пута већа него што би то иначе било могуће са антеном дате величине. Посебну улогу у праћењу инсеката имају хармонијски радар. Користе се за праћење и разумијевање стратегија које животиње користе за истраживање свог станишта, што је од суштинске важности за предвиђање како ће одговорити на промјене у дистрибуцији ресурса (Osborne et al. 2013). Инсект који се прати носи мали транспондер који хвата дио енергије радарског зрачења и рефлектује сигнал на двоструко већој фреквенцији (Сл. 9.11).



Сл. 9.12. Лидарска слика шуме (NASA's Goddard Space Flight Center 2018)
Fig. 9.12. Lidar image of the forest (NASA's Goddard Space Flight Center 2018)

Ове рефлексије се значајно разликују од рефлексија других објеката, чиме се превазилазе недостаци праћења инсеката класичним радаром. Обрадом тако добијених дигиталних снимака генеришу се путање и анализира понашање инсеката.

Лидар (Discrete return Light Detection And Ranging – LiDAR) добија све већи значај у истраживању и управљању природним ресурсима због способности представљања сложених тродимензионалних геолошких структура и покривача земљишта (Lefsky et al. 2002; Lim et al. 2003; Almeida et al. 2019). Лидар користи активне сензоре који генеришу широк спектрални опсег, од ултраљубичастог до блиског инфрацрвеног, за снимање објеката. Ради на принципу мјерења времена потребног ласерском импулсу да пређе од сензора до циља и назад, што омогућава израчунавање удаљености између сензора и објекта од ког се рефлектује зрачење. На тај начин лидар пружа директна мјерења надморске висине из којих се, у комбинацији са системом за глобално позиционирање (*Global Positioning System – GPS*), добијају врло детаљни тродимензионални подаци. Може се користити за прикупљање података о различитим материјалима, те се све више користе при управљању природним ресурсима како самостално тако и у комбинацији са другим технологијама. Сензори се постављају на покретне платформе, сателите, авионе и беспилотне летјелице. Будући да користи уски ласерски зрак, постиже веома високу резолуцију, тако да је нпр. авионом могуће снимати

терен са резолуцијом од 30 центиметара, па и већој. Подаци добијени снимањем помоћу лидара могу се користити за мапирање земљишног покривача, праћење промјена обала ријека и процјену станишта биљака и животиња. Лидарски подаци садрже физичке карактеристике кључне за газдовање шумама јер укључују податке као што су број слојева крошњи, пречник и густина крошње, висина стабла, биомаса и слично. Примјер лидарске слике у псеудокојору приказан је на Сл. 9.12. Ова мјерења могу послужити и за израду модела шумских пожара и на тај начин играју велику улогу у заштити шума.

Паметни мобилни уређаји

Употребу савремених технологија за одрживи развој природних ресурса у многим регионима тренутно ограничава недостатак скувих дигиталних платформи за унос, чување и управљање подацима. Због све већих процесорских могућности и опремљености сензорима, паметни телефони и други мобилни рачунарски уређаји, који су постали доминантно средство комуникације широм свијета, све више се користе за научна истраживања, заштиту и одрживи развој природних ресурса. Захваљујући широкој употреби мобилних телефона, могуће је прикупити додатне информације о стању природних ресурса, као што су нпр. информације о коришћењу земљишта (Pei et al. 2014), те их комбиновати са подацима добијеним даљинским снимањем. На тај начин мобилне апликације постају приступачно и ефикасно средство за очување природних ресурса и одрживо управљање (Quandt et al. 2020).

Развојем друштвених мрежа расте улога добровољних географских информација које генеришу корисници паметних уређаја широм свијета. Истраживачи користе хибридни приступ у ком податке из директних извора (сензора) комбинују са овако прикупљеним подацима за надгледање и управљање природним ресурсима. Све то доводи до убрзаног развоја неогеографије (Наклай 2013; Mitchell 2017).

Сензорски сервиси у облаку

Увођењем бежичних сензорских мрежа и Интернета ствари количина прикупљених података о мјерењима еномно расте захтијевајући ефикасну обраду. Због ограничења која бежичне сензорске мреже имају у погледу меморије, енергије, прорачуна, комуникација и скалабилности, ефикасно управљање великим бројем података које генеришу је важно питање са којим се треба позабавити. Неопходна су ефикасна рјешења за прикупљање,

анализу, чување и пренос података у сензорским мрежама великог обима (Boubiche et al. 2018). Осим потребе за масивном инфраструктуром за складиштење података, постоји и потреба за моћним и скалабилним рачунарством високих перформанси за обраду података у реалном времену и сложеним моделима за обраду, анализу и издвајање информација од интереса за корисника. Онлајн платформе за складиштење и управљање подацима са сензора су сензорски сервиси у облаку (*Sensor Cloud*) (Alamri et al. 2013; Zhu et al. 2017a). Ове услуге пружају удаљени моћни рачунарски центри регистрованим корисницима у виду база података. На тим платформама подаци са сензора се складиште, а касније им је могуће приступити онлајн са било ког мјеста, те их користити у широкој лепези апликација, што привлачи све веће интересовање како академске заједнице тако и индустрије.

9.2.2. Расуђивање и одлучивање потпомогнуто дигиталним технологијама

Технологије података великог обима

Технологије података великог обима су поступци који се користе за прикупљање, обраду и анализу података великог обима. Појам *подаци великог обима (Big Data)* користи се да означи сложене скупове података које карактерише екстремни обим података, широк спектар типова података и сложена структура, што отежава њихово складиштење, обраду, анализу и визуализацију конвенционалним методама обраде података (Sagiroglu and Sinanc 2013). С друге стране, захтјеви за брзином којом се подаци морају обрађивати су веома велики, јер корисници очекују резултате анализе података у што краћем могућем року. Већ сада се подаци о природним ресурсима генеришу и прикупљају користећи енорман број сензора и у виду података које генеришу и сами људи, а за очекивати је да ће у будућности обим и брзина прикупљања података још више расти. Подаци о природним ресурсима се прикупљају на различите начине, њихова природа је разнолика, могу бити структурирани и неструктурирани, генеришу се и пристижу без правилног временског распореда, што их чини врло сложеним за анализу. Крајњи циљ технологија великих података је откривање скривених образаца и корелација у подацима великог обима како би се дошло до корисних информација које пружају дубљи увид и помажу при расуђивању, доношењу закључака о сложеним особинама објеката и појавама и одлука о начинима дјеловања.

Примјена технологија података великог обима, који обухватају метеоролошке и хидрогеолошке податке, те податке о надзору животне средине, који су просторно и временски веома сложени, незаобилазна је у одрживом развоју природних ресурса. Архиве података добијених даљинским истраживањима постале су слободно доступне захваљујући истраживачким центрима NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*), ESA (*European Space Agency*), и многих других.

Правилном анализом података о природним ресурсима информације које се користе у управљања постају цјеловитије, поузданије и сигурније. Користе их истраживачи, аналитичари и планери за развој политика, стратегија и програма управљања природним ресурсима. Такве анализе могу помоћи владама и друштвеним заједницама за одржив развој на локалном, регионалном, националном и глобалном нивоу. Разноликост алата и апликација представљених у литератури (Song et al. 2017; Gorelick et al. 2017) указује на бројне аналитичке приступе и емпиријске анализе великих података и промјене до којих је овакав приступ довео у алокацији и коришћењу природних ресурса, њиховој процјени и одрживом управљању. И поред растућег броја истраживања (Најџаји et al. 2021), од климатских промјена (Sarker et al. 2020a), дјеловања у случају природних катастрофа (Sarker et al. 2020b), алокације и коришћења природних ресурса у временима убрзаног економског раста (Zhu et al. 2017b), преко пољопривреде и заштите животне средине (Weersink et al. 2018; Kamilaris et al. 2017; Khanna et al. 2018), па до туризма (Kim et al. 2019), ипак је примјетно да још увијек не постоји довољно међународне и интердисциплинарне сарадње на овом пољу, те да постоје још многи изазови у погледу развоја методологије у области примјене технологије података великог обима за рјешавање проблема везаних за природне ресурсе.

Рачунарство у облаку

Без намјенских сервера дизајнираних за складиштење података великог обима, инфраструктуре за њихову размјену, моћних рачунарских ресурса и сложених метода анализе, те софистицираних софтверских рјешења, концепт података великог обима не би могао да функционише. Због захтјева за енормним рачунарским ресурсима, све више апликација које користе податке великог обима ослањају се на рачунарство у облаку (*Cloud Computing*) (Albini and Rajnai 2018, Kim et al. 2015). Концепт рачунарства у облаку заснива се на удаљеним ресурсима који се корисницима преко мреже (најчешће интернета) пружају у виду услуга софтвера, платформи и

инфраструктуре. Подаци и софтвер смјештени су на удаљеним локацијама, а крајњи корисници им приступају путем веб-прегледача или апликација инсталираним на десктоп рачунарима или мобилним уређајима. Аспект на који се посебно обраћа пажња приликом приступа подацима и њиховог преноса је сигурност и приватност података и корисника.

Сензорске мреже, сачињене од минијатурних и јефтених уређаја мале снаге па до мобилних телефона опремљених сензорима који су постали широко доступни за даљинска истраживања природних ресурса, међу водећим су технологијама које обликују будућност одрживог развоја природних ресурса. Генеришући огромне количине података постављају нове истраживачке изазове, посебно у виду анализе података великог обима. Рачунарство у облаку представља могући пут ка рјешењу овог проблема, пружајући нове могућности за обједињавање података са огромног броја сензора, њихову анализу, те проширујући број корисника који могу да приступе овим подацима и информацијама (Nogueira et al. 2014).

Google Earth Engine (Gorelick et al. 2017) је једна од најзначајнијих технолошких платформи у облаку за просторно/временску анализу појава планетарних размјера. Ова интегрисана платформа користи моћне рачунарске ресурсе високих перформанси како би била у стању да се бави питањима као што су климатске промјене, заштита животне средине, управљање водама и газдовање шумама, природне катастрофе и болести, сигурност хране и друга питања од великог друштвеног значаја. Јавно доступним скуповима геопросторних података, који укључују и снимке даљинских истраживања чији је обим више петабајта, са архивом дужом од 40 година, приступа се путем Интернет базираног програмског интерфејса апликације (*Internet-accessible application programming interface – API*) и Интегрисаног развојног окружења (*Integrated Development Environment – IDE*) које пружа програмерима многе алате и погодности за брз развој апликација и визуализацију резултата. Корисници ове платформе не брину о детаљима алокације ресурса, паралелизму обраде и дистрибуцији података, већ је систему у потпуности препуштено одлучивање о начину извођења програма и прорачуна. Ово је с једне стране добро, јер је за креирање апликације потребно мање информатичког знања, али има и одређене недостатке у погледу оптимизације програма. Многе апликације које прате стање природних ресурса на глобалном нивоу користе *Google Earth Engine* (Tamiminia et al. 2020). Праћење климатских промјена (Huntington et al. 2017), глобалне промјене шума (Hansen et al. 2013; Chen et al. 2017), глобалне промјене површинских вода (Pekel et al. 2016; Wang et al. 2019a), откривање руда (Lobo et al. 2018), мапирање поплава и суша (Coltin et al. 2016; Uddin et

al. 2019; Rojas et al. 2011), мапирање пожара (Soulard et al. 2016; Parks et al. 2018), процјена покривености и начина коришћења земљишта (Saah et al. 2019) и приноса усјева (Lobell et al. 2015) и анализа распона станишта врста (Callaghan et al. 2018) само су неке од њих.

Сервиси у облаку отворили су пут ка развоју многобројних апликација. Владе развијених и земаља у развоју почеле су да их користе као економски исплативо средство за побољшање управљања природним ресурсима и природним катастрофама (Rao 2015). Међутим, отворена питања у овој области везана за стандардизацију, енергетску ефикасност, сигурност и приватност, интеграцију сервиса у облаку и Интернета ствари, складиштење, скалабилност, флексибилност, мрежне комуникације и квалитет сервиса још увијек постоје (Botta et al. 2016).

Географски информациони систем

Географски информациони систем (*Geographic Information System – GIS*) је систем за управљање просторним подацима и са њима повезаним карактеристикама (Malczewski 2004). Најчешће се реализује као рачунарски систем чија је улога да прикупља, провјерава, складишти, интегрише, уређује, анализира и приказује географске информације. GIS организује слојеве различитих врста података и визуелизује их помоћу мапа и тродимензионалних сцена. На тај начин корисници лакше виде, анализирају и разумију обрасце и односе међу подацима. Дајући дубљи увид у податке GIS помаже корисницима да идентификују проблеме, надгледају промјене, предвиђају токове догађаја, разумију трендове, одреде приоритете и доносе паметније одлуке у управљању.

У управљању природним ресурсима GIS је моћно средство за процјену природних богатстава, суочавање са еколошким питањима попут поплава, клизишта, ерозија земљишта, суша, земљотреса, па до актуелних проблема климатских промјена и очувања биолошких врста. Подаци о Земљиној површини прикупљају се даљинским истраживањима или на друге начине, а затим се мапирају помоћу GIS технологије. Тако добијене информације користе се за процјену биомасе и управљање шумама (Wulder et al. 2008b; Köhl et al. 2006), а у комбинацији са аутоматском класификацијом дигиталних слика GIS креира мапе покривености и начине коришћења земљишта (Van Lynden and Mantel 2001; Rwanga and Ndambuki 2017) неопходне за планирање и управљање у области одрживе пољопривреде. У вријеме све веће потражње за сировинама, процјена минералних ресурса један је од најважнијих задатака геологије. Мапирање проспективности засновано на

предиктивним моделима има за циљ сужавање подручја за истраживање и експлоатацију минерала. За ове сложене поступке обично се примјењују алати географског информационог система (Porwal and Carranza 2015; Brandmeier et al. 2020; Zambelli et al. 2012) који пружају основу за одрживо управљање експлоатацијом минералних ресурса.

Даљинска истраживања и GIS играју кључну улогу и у мапирању и предвиђању ризика од природних катастрофа. Немогуће је контролисати природу, али је могуће мапирати зоне ризика и урадити предвиђања заснована на моделима, при чему даљинска снимања обезбјеђују потребне податке, док GIS пружа алате за мапирање и предвиђање. Израдом хидролошких модела, њиховом анализом и визуелизацијом, олакшава се управљање водним ресурсима, као и ризицима од суша и поплава (Wang and Xie 2018; Merwade et al. 2008). Предвиђање фактора који утичу на појаву пожара и разумијевање његовог динамичког понашања критични су аспекти управљања ватром. Користећи снимке добијене даљинским истраживањима и GIS, могуће је минимизирати учесталост пожара и спријечити штету коју изазивају (Jaiswal et al. 2002; Kanga and Singh 2017).

Вјештачка интелигенција

Иако нема консензуса о универзалној и коначној дефиницији, термин вјештачка интелигенција (*Artificial intelligence* – AI) користи се да опише могућности машина (укључујући рачунаре) да опонашају когнитивне функције које људи повезују са људским умом, попут учења и рјешавања проблема (Russell and Norvig 2002; Mitchell et al. 2013). Прво модерно име овој дисциплини је дао Џон Мекарти 1956. године, са осталим суоснивачима ове дисциплине. По њима се вјештачка интелигенција заснива на претпоставци „да се сваки аспект учења или било која друга карактеристика интелигенције у принципу може тако прецизно описати да је могуће направити машину која ће то да симулира“ (McCarthy et al. 2006; McCarthy et al. 2018). Једна од модерних дефиниција вјештачке интелигенције каже да је то „ентитет (или колективни скуп кооперативних ентитета), способан да прима улазе из окружења, тумачи их и учи из њих, и чије повезано и флексибилно понашање и поступци помажу ентитету да постигне одређени циљ током одређеног временског периода“ (Faggella 2017). Научно поље AI се ослања на рачунарство, информатички инжењеринг, математику, психологију, филозофију и многа друга поља. Са практичног становишта можемо рећи да је AI рачунарски програм који има способност да учи из података и да рјешава задатке за које није експлицитно програмиран, при чему се његов учинак побољшава са искуством, односно обрадом велике

количине података. У савремено доба, захваљујући достигнућима у развоју рачунарског хардвера и технологија података великог обима, као и дубљим теоријским разјашњенима, AI технике доживљавају нагли раст и постају суштински сегмент технолошког развоја.

Вјештачка интелигенција бави се рјешавањем битних друштвених проблема, укључујући заштиту природних ресурса и одрживи развој. AI омогућава друштву да смањи употребу енергије, воде и земљишта. Помаже у откривању и квантификању природних ресурса и разумијевању који фактори утичу на њихову вриједност. Значајну улогу има у заштити врста, њихових станишта и екосистема (Fang et al. 2019; Gonzalez et al. 2016). AI је нашла примјену и у хидрологији, за праћење нивоа воде и њеног квалитета (Wang et al. 2019b; Tung and Yaseen 2020), пољопривреди (Jha et al. 2019), процјени шумских ресурса (Miguel et al. 2016) и заштити од пожара (Sakr et al. 2010). Најважнија је улога AI на нивоу доносиоца одлука, као дио система за одлучивање и управљање природним ресурсима и животном средином (Nishant et al. 2020; Fang et al. 2019; Reynolds et al. 2008; Cortès et al. 2000), јер олакшава анализу и доношење одлука у условима када су доступне огромне количине информација, које уз то могу бити неуједначене и непоуздане.

Истраживања у области природних ресурса која користе вјештачку интелигенцију су још увијек праћена низом изазова, као што су: потешкоће у мјерењу жељених и нежељених ефеката примјене AI, несигурност људи како треба да реагују на интервенције проистекле из AI, повећани ризици безбједности и приватности, те још недовољно испитани њени психолошки и социолошки ефекти.

9.2.3. Дигиталне технологије у сфери дјеловања

Аутоматизација и роботика

У сфери дјеловања са циљем заштите природних ресурса и одрживог развоја, дигитализација је довела до највећих промјена у области аутоматизације и роботике. Аутоматизација је процес примјене широког спектра технологија са циљем смањења људског рада. Роботика као дио аутоматике развија машине које могу замијенити људе и пресликати људске поступке. Основни принцип аутоматског управљања заснива се на контроли улазних варијабли неког процеса на основу сигнала разлике измјерених и жељених вриједности параметара посматраног процеса. Улазне варијабле подешавају се на такав начин да параметри процеса који се прате остају унутар задатих граница

упркос поремећајима. Већина савремених система управљања су дигитални. Аутоматско управљање покрива апликације од термостата, који се користе за укључивање и искључивање гријача, до индустријских система управљања са хиљадама управљачких сигнала и веома сложеним алгоритмима управљања који користе уграђене и сајбер-физичке системе. Уграђени системи су комбинација рачунарског процесора, рачунарске меморије и улазно/излазне периферне опреме са намјенском функцијом у већем механичком или електричном систему. Систем у којем дубоко испреплетене физичке и софтверске компоненте могу заједно да раде на различитим просторним и временским скалама, показују вишеструке и различите модалитете понашања и међусобно комуницирају на начине који се мијењају у зависности од контекста, а све у циљу управљања неким механизмом, називамо сајбер-физички системи.

Аутоматизација и роботика су нашле широку примјену у заштити природних ресурса и одрживом развоју (Furstenau et al. 2020). Сложени системи се користе у рудницима, хидроелектранама (Chong et al. 2002), вјетроелектранама (Zaher et al. 2009), соларним системима (Adhya et al. 2016), генерално у погонима за производњу електричне енергије (Kabir et al. 2017), као и у пољопривреди (Jha et al. 2019; Jiandong et al. 2020; Tarannum et al. 2015). Управљање отпадом и уклањање отпада који загађује животну средину, посебно у тешко доступним подручјима и ситуацијама опасним по човјека, још је једно од значајних подручја примјене аутоматизације у очувању природних ресурса (Colbaugh and Jamshidi 1992; Ang et al. 2013; Ruangrayoongsak et al. 2017). Не мање значајна примјена аутоматизације је и у пословним процесима, гдје посебну улогу имају експертни системи и когнитивна аутоматизација (Drennan-Stevenson 2019). Експертни систем је рачунарски систем који опонаша способност доношења одлука људског експерта (Waterman 1986; Wright et al. 2012). Когнитивна аутоматизација је дио вјештачке интелигенције чији је главни задатак аутоматизација задатака и токова рада који се састоје од структурирања неструктурираних података. Коришћење рачунарства у реалном времену, алгоритама машинског учења, анализе великих података и учења заснованог на доказима има велику улогу у системима за подршку одлучивању за екстракцију и синтезу података у којима су велике количине информација, недостатак предзнања о подацима, те непотпуни, недостајући или контрадикторни подаци кључни изазови (Bruckner et al. 2011; Andronie et al. 2021). Таквим сложеним системима постиже се репликација људских задатака и расуђивање великом брзином и у значајним размјерама.

9.2.4. Утицај дигиталних технологија на људско знање

Образовање

Развој дигиталних телекомуникација, на којима се заснива рад мобилних мрежа и интернета, олакшао је приступ информацијама, учинио га брзим и једноставним, те промијенио концепте едукације отворивши раније незамисливе облике образовања који утичу и на креирање и реализацију активности за очување природних ресурса и одрживи развој.

Интернет, као динамично окружење за учење, игра огромну улогу у процесу едукације становништва, пружајући на занимљив начин обиље информација о природним ресурсима и велик број онлајн платформи и курсева у вези са управљањем природним ресурсима. Концепт отворене науке, глобалног покрета који има за циљ промоцију интегритета, поновљивости и транспарентности у свим аспектима научног истраживања, укључујући отворени приступ публикацијама и подацима, једноставно се интегрише и значајно олакшава онлајн едукацију у областима која укључују теренска истраживања са циљем да унаприједи исходе учења, рани развој каријере и инклузивност у науци (Geange et al. 2020). Свијест међу младима о животной средини и њеним ресурсима значајно се може повећати кроз друштвене игре, које могу бити кључне за промјену понашања у правцу постизања одрживе планете. Тако је нпр. IoT опрема са сензорима за мјерење параметара квалитета воде коришћена у образовној игри (Tziortzioti et al. 2018) са циљем дубљег разумијевања употребе природних ресурса и усвајања еколошког понашања.

Приступ информацијама

Сервиси као што су *GoogleMaps* и *GoogleEarth* су активности генерисања географских информација, које су некада биле резервисане за стручна лица, учинили доступним широком кругу корисника. Повећале су се могућности приступа опсежним збиркама информација (слика, карата) о природним ресурсима које је раније било тешко добити. Програмерима је отворена могућност за израду бројних апликација базираних на овим сервисима.

Осим за прикупљање података, паметни мобилни уређаји служе и као сервис за размјену информација о природним ресурсима, као информативни сервис о климатским промјенама, те као моћно едукативно средство у заштити природних ресурса. Могу значајно допринијети праћењу и процјени животне средине, већем разумијевању јавности и доносилаца одлука о промјенама

намјене земљишта, заштити вода, очувању биодиверзитета, раном откривању инвазивних штеточина и болести, те дистрибуирању научно заснованих информација, као и туристичких информација (Connors et al. 2012).

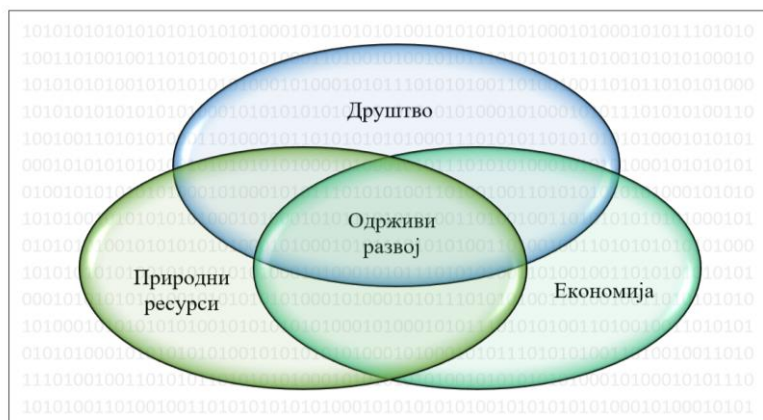
Широка доступност интернета и мобилне телефоније пружају бројне могућности у процесима планирања и доношења одлука. Могућност коришћења директне демократије путем мрежа података, тако да је комуникација интерактивна, назива се теледемократија. Теледемократија је један од начина за додавање могућности грађана да учествују у доношењу одлука при управљању природним ресурсима (Kangas et al. 2003; Hiltunen et al. 2009).

Туризам је такође област која значајно утиче на информисаност о природним ресурсима и повећање свијести о животној средини, али истовремено и нарушава природне екосистеме, посебно у заштићеним подручјима, што би нови правци у туризму (е-туризам и виртуелни туризам, сајбер туризам) требало да умање (Anwar and Hamilton 2005).

Свједоци смо великог броја природних катастрофа које, када се десе, увијек изнова истичу значај комуникационих система за њихово ефикасно ублажавање. Тренутно постоји неколико мрежних инфраструктура које су распоређене и функционишу широм свијета као дио глобалне мреже. Те мреже су рањиве на природне катастрофе и још увијек не постоји сигурно рјешење за брзо успостављање комуникација након природних катастрофа. Истраживања у овој области се крећу у смјеру мрежа за хитне случајеве, које су засноване на преносним комуникационим чворовима и на уређајима крајњих корисника, те креирања специфичних алгоритмима прилагодљивих рутирања (Gomes et al. 2016).

9.3. Дигитализација у заштити природних ресурса и одрживом развоју Републике Српске

Перцепција природних ресурса и њихове употребљивости за развој друштва различита је у различитим културама. Главна природна богатства Републике Српске су воде, минерали, земљиште, шуме и биодиверзитет, а њихова заштита је од изузетног значаја. Стога се у условима убрзаног економског раста све већа пажња поклања одрживом развоју. Одрживи развој подразумијева такав развој друштва који природне ресурсе користи као



Сл. 9.13. Улога дигитализације у одрживом развоју (Бабић З.)

Fig. 9.13. The role of digitalization in sustainable development (Babić Z)

потенцијале за развој, не угрожавајући животну средину и природне системе (Сл. 9.13). Јединствена дефиниција појма одрживи развој не постоји, а једну од општеприхваћених је 1987. године дао Свјетски пословни савет за одрживи развој (*World Business Council for Sustainable Development*) при Уједињеним нацијама, у документу под називом „Наша заједничка будућност”: „Одрживи развој је развој који задовољава потребе садашњице, не доводећи у питање способност будућих генерација да задовоље властите потребе” (Brundtland et al. 1987). Свака нова технологија, па тако и дигитализација, носи контроверзе везане уз овај глобални циљ. Дигитализација убрзава и олакшава експлоатацију природних ресурса, али настоји и да умањи штетна дејства до којих доводи убрзани економски раст, па и сами процеси дигитализације у неким случајевима.

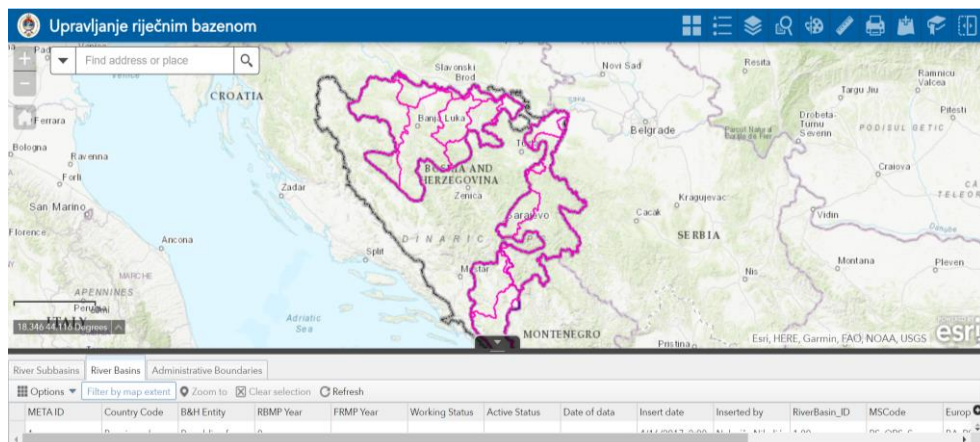
9.3.1. Водни ресурси

Република Српска има значајне водне ресурсе. Слатководни сливови су кључни ресурс, док су од посебне вриједности извори термалне и термално-минералне воде. Ријечне долине имају композитни карактер са великим падовима, те располажу значајним хидроенергетским потенцијалом. Нажалост, готово све ријеке Републике Српске, осим у горњим токовима, имају воду ниског квалитета због загађења кроз непречишћене отпадне воде. Стога не чуди што су у стратешким документима Републике Српске који се

односе на управљање водама (Влада Републике Српске 2015) препознати значај и улога дигиталних технологија неопходних за квалитетан мониторинг и информационе системе у управљању водама.

Стратегија интегралног управљања водама Републике Српске 2015–2024. године предвиђа развој пратећих система за управљање водопривредним системом и сектором вода. То се првенствено односи на унапређење мјерних (мониторинг) система, комуникационог система за несметан проток информација, те развој водног информационог система и експертног система, за чије изведбе је неопходно користити савремена рјешења. Како се наводи у Стратегији, мјерне станице треба планирати спрегнуто са израдом управљачких модела и информационог система. Оне треба да омогуће онлајн аквизицију података са тачно дефинисаним начином обраде информација и њиховог коришћења у управљачким системима. На њих ослоњени експертни системи су у стању да у критичним ситуацијама, посебно током управљања у реалном времену, у веома кратком року предложе најбоље управљачке одлуке, што их чини незаобилазним у управљању у кризним ситуацијама.

У ЈУ „Воде Српске” развијен је и дијелом јавно доступан водни информациони систем, заснован на GIS-у, који пружа подршку у управљању водама у сегментима планирања, истраживања, пројектовања, израде, одржавања, извјештавања према међународним обавезама и информисања јавности. Подаци са мјерних станица о водостају, протоку и падавинама аутоматски се прикупљају у реалном времену и архивирају у централној бази података. На <http://www.voders.org/gis-portali/> доступно је неколико GIS портала. Апликација „Водни катастри” намијењена је за унос, ажурирање и кориштење просторних и алфанумеричких података о површинским водама, кориштењу вода, подземним водама, водним грађевинама, заштити од вода, заштити вода, мониторингу и метеоролошким станицама. „Водна књига” је намијењена за унос, ажурирање и кориштење алфанумеричких података водних аката. Апликација „Управљање водама” састоји се од три модула. Модул „Планови управљања ризицима од поплава” креиран је са циљем да се на брз и једноставан начин могу прегледати мапе опасности и мапе ризика од поплава за цијелу територију Републике Српске. „Ерозије бујичних водотока” је модул који приказује простор потенцијално угрожен дјеловањем ерозивних процеса, затим водотоке који имају бујични карактер, као и површине које су угрожене дјеловањем истих. Модул „Планови управљања обалним ријечним сливом” намијењен је за унос, ажурирање и кориштење алфанумеричких, те преглед просторних података, који су



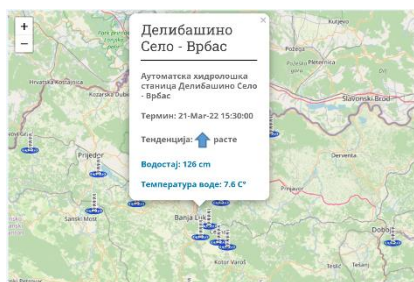
Сл. 9.14. Корисничко окружење водног информационог система (ЈУ „Воде Српске” 2021)

Fig. 9.14. Water information system user interface (JU “Воде Српске” 2021)

резултат одређивања карактеристика водних подручја и ријечних базена. Изглед корисничког окружења водног информационог система приказан је на Сл. 9.14.

ЈУ „Воде Српске” бави се и заштитом и кориштењем вода, док Републички хидрометеоролошки завод обезбјеђује повезивање Републике Српске са међународним телекомуникационим и информационим системима и врши размјену података и обрађених информација у складу са међународним обавезама. Поред редовног и ванредног осматрања водостаја на хидролошким станицама у Републици Српској, Републички хидрометеоролошки завод проводи низ пројеката са циљем заштите водних природних ресурса. Заштита природних ресурса и других добара од штетног дјеловања вода је значајно унапријеђена развојем нових дигиталних технологија, које, између осталог, омогућавају да се уживо преко интернета прати стање водостаја на аутоматским мјерним станицама Републике Српске (Сл. 9.15).

Податке са мјерних станица ЈУ „Воде Српске” користе у софтверским системима за процјену хидролошких параметара, предвиђања и благовремена упозорења на могућност појаве поплава. Дигиталне технологије користе се за израду модела у којима се користе сви расположиви хидролошки и метеоролошки параметри, као и сателитски



(а)



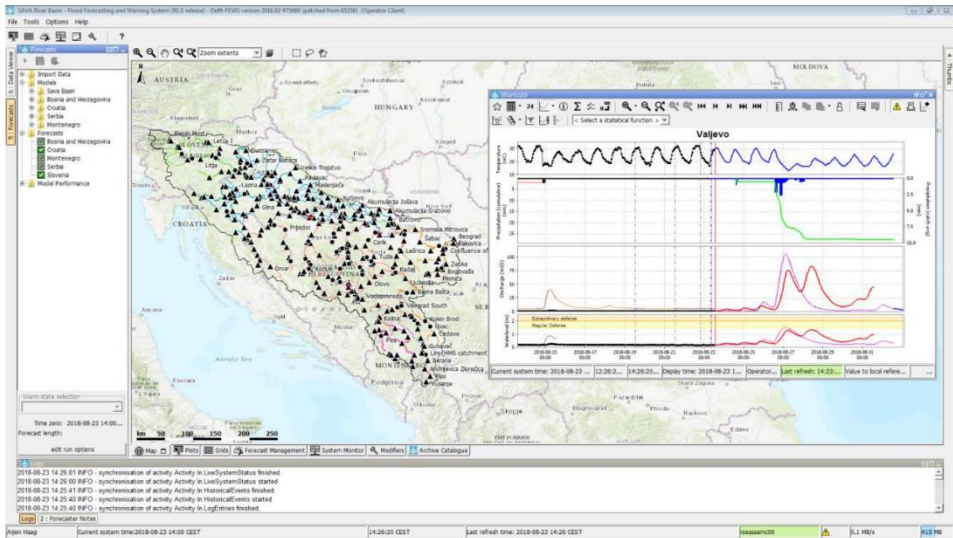
(б)

Сл. 9.15. Праћење водостаја (а) на сајту Републичког хидрометеоролошког завода (Републички хидрометеоролошки завод 2022) и (б) на аутоматској хидролошкој станици (Аутоматска хидролошка станица Делибашино Село – Врбас 2022)

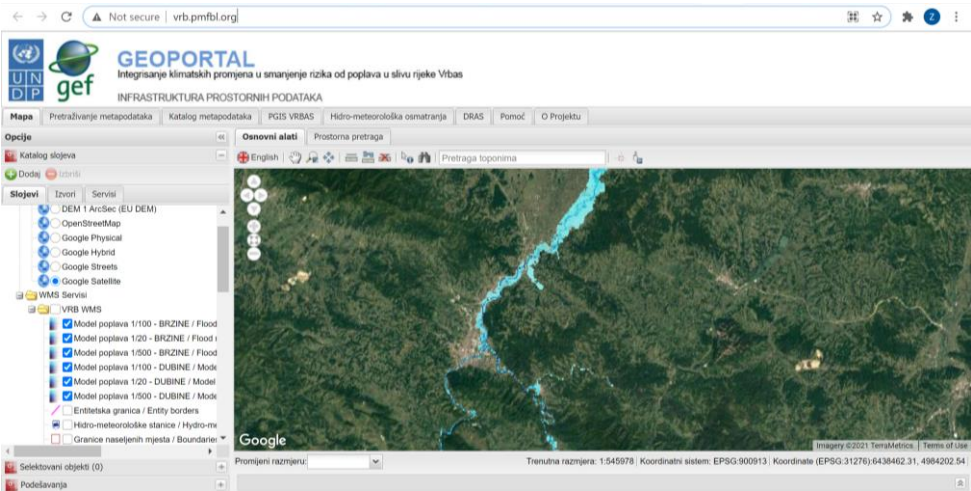
Fig. 9.15. Water level monitoring (a) on the website of the Republic Hydrometeorological Institute (Republic Hydrometeorological Institute 2022) and (b) at the automatic hydrological station (Automatic hydrological station Delibašino Selo – Vrbas 2022)

подаци, са циљем прогнозе протицаја у одређеним профилима, управљања ризиком од суше, итд. ЈУ „Воде Српске” користе услуге регионалне платформе за хидролошко-хидрауличну прогнозу за слив ријеке Саве под називом „Систем за предвиђање поплава и упозоравање” (*Flood forecasting and warning system – FFWS*), приказане на Сл. 9.16. Додатно су, у оквиру националне платформе, успостављени прогнозни хидролошки-хидраулички модели за сливове ријека Републике Српске, при чему је коришћен програмски пакет MIKE.

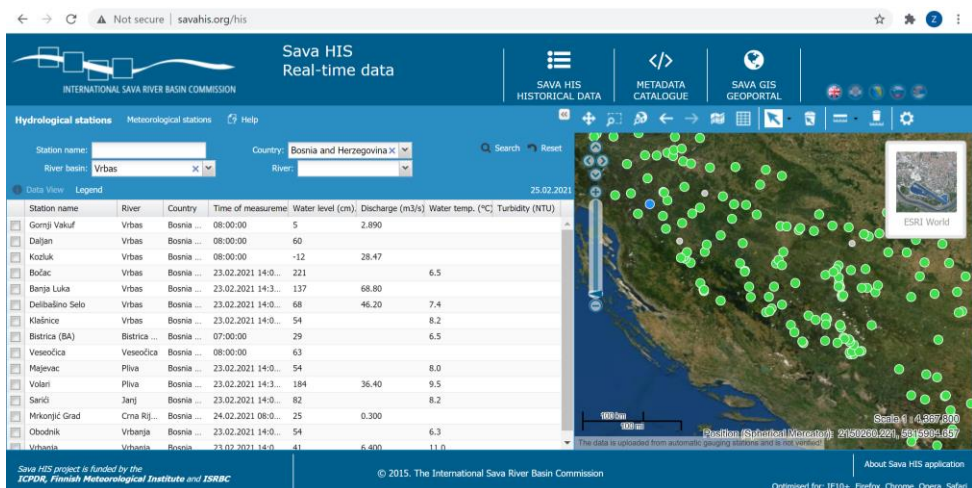
Тачност оваквих модела првенствено зависи од тачности нумеричких прогнозних модела за падавине, а потом и од дужине интервала за који се врши прогноза. Иако не користи најсавременије технологије и суочава се са проблемима некомпатибилности и застарјелог хардвера и софтвера, Републички водни информациони систем увелико користи предности које је у процесе прикупљања података и доношења одлука унијела дигитализација. Ипак, уз све предности које доносе технолошка достигнућа, предвиђање природних догађаја и њихова динамика није нешто чиме човјечанство потпуно влада. Због недостатка информација, погрешних мјерења, грешака у преносу информација и много других фактора, дигитални



Сл. 9.16. Сава FFWS корисничко окружење (Van Heeringen KJ 2018)
Fig. 9.16. Sava FFWS user interface (Van Heeringen KJ 2018)



Сл. 9.17. Модел поплава у сливу Врбаса (Бајић Д 2016)
Fig. 9.17. Flood model in the Vrbas basin (Bajić D 2016)



Сл. 9.18. Мјерења у реалном времену на аутоматским мјерним станицама слива ријеке Саве (International Sava River Basin Commission 2015)

Fig. 9.18. Real-time measurements at automatic measuring stations in the Sava river basin (International Sava River Basin Commission 2015)

системи могу да генеришу погрешне процјене, а слијепо вјеровање приказаном резултату може бити кобно, те је на прогностичарима и даље јако велика одговорност.

Осим описаних рјешења, у Републици Српској је реализован и низ истраживачких и стручних пројеката са циљем одрживог развоја вода као природног ресурса, који се ослањају на коришћење дигиталних технологија, чији резултати су јавно доступни у реалном времену, као што су геопортал за ријеку Врбас (Сл. 9.17) и Сава ХИС геопортал (Сл. 9.18). Евидентна су и мултидисциплинарна истраживања воде као природног ресурса Републике Српске која примјењују дигиталне технологије, од развоја сензора за мониторинг квалитета воде (Simić et al. 2016a; Simić et al. 2016b), преко софтверског планирања мреже водоснабдијевања (Кођагас et al. 2018), примјене GIS-а и симулација у заштити вода и за рјешавање проблема ерозије земљишта (Čustović et al. 2014; Tošić et al. 2013), па до рјешавања проблема управљања водама примјеном вјештачке интелигенције (Ireson et al. 2006; Stevović et al. 2017).

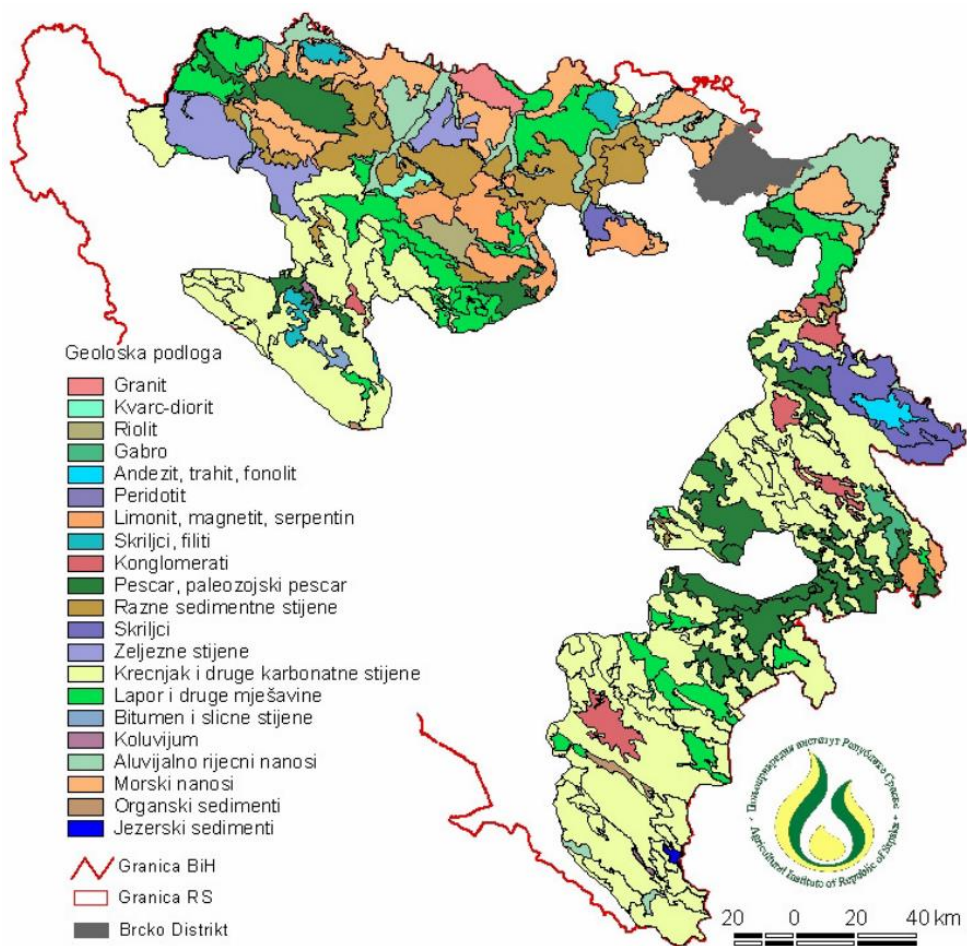
9.3.2. Минерални ресурси

Минерални ресурси Републике Српске обухватају енергетске сировине (мрки угаљ и лигнит), метално минералне сировине (руде гвожђа, боксита, олова и цинка), као и неметалне минералне сировине (азбест, магнезит, гипс, мермер, каолин, ватростална и керамичка глина, кварцни пијесак и кречњачки камен). Уз подршку Министарства пољопривреде, шумарства и водопривреде, у Пољопривредном институту Републике Српске, користећи ArcGIS софтвер, израђена је дигитална карта геолошких подлога (Влада Републике Српске 2009) приказана на Сл. 9.19. Као основа за израду ове дигиталне карте геолошких подлога послужила је ACCESS база настала као резултат FAO пројекта „Инвентар стања земљишних ресурса у послијератном периоду у Босни и Херцеговини”, 2000–2007.

Републички завод за геолошка истраживања припрема геолошке подлоге за просторна планирања, извођења грађевинских, рударских и других активности, у областима рударства, шумарства, пољопривреде, водоснабдијевања, урбанизма, те формира и припрема податке за геолошки информациони систем у склопу јединственог информационог система Републике Српске. Користећи GIS софтверске пакете, Републички завод за геолошка истраживања је дигитализовао своје геолошке карте, а са циљем приближавања геологије широј јавности у 2020. години израдио је андроид апликацију Геолошке карте Српске, Сл. 9.20. Дигитализација је, осим у сегменту мапирања и инвентара стања, довела до промјена како у техничкој тако и у управљачкој технологији експлоатације минералних ресурса у Републици Српској (Malbašić et al. 2019a; Malbašić et al. 2019b).

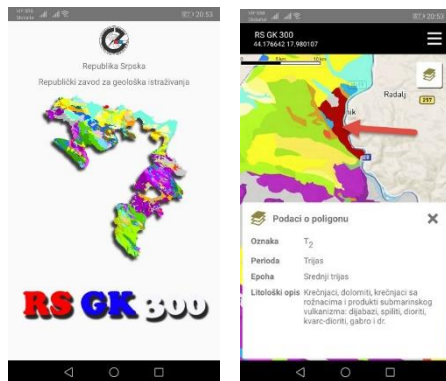
9.3.3. Земљиште

Земљиште сматрамо необновљивим природним ресурсом, јер је стопа његове деградације брза, а процес формирања и регенерације веома спор. Пољопривредно земљиште је један од најзначајнијих природних ресурса Републике Српске. Укупна површина пољопривредног земљишта износи 1.251.695 ха, или 51,2% од укупне површине Републике Српске. Према категоријама искоришћености, највеће површине припадају ораницама и баштама, затим слиједе пашњаци, ливаде, воћњаци, и на крају рибњаци (Влада Републике Српске, 2008).



Сл. 9.19. Прегледна карта геолошких подлога по SOTER целинама у Републици Српској (Влада Републике Српске 2009)

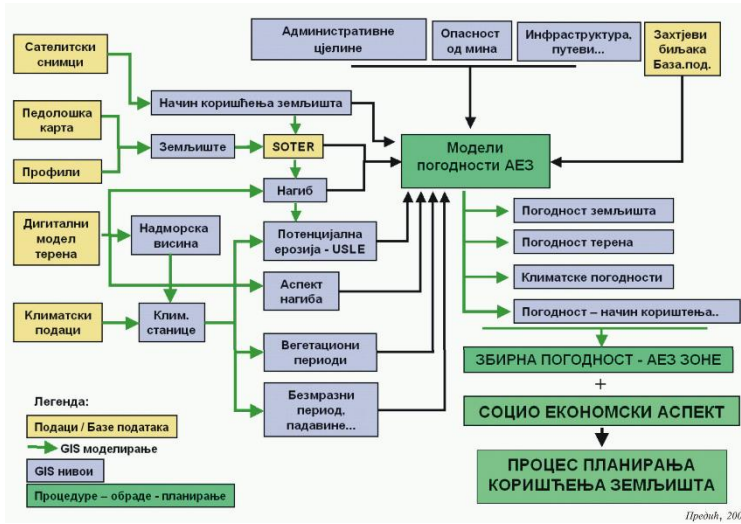
Fig. 9.19. Overview map of geological substrates by SOTER units in the Republika of Srpska (Government of the Republic of Srpska 2009)



Сл. 9.20. Апликација „Геолошке карте Републике Српске” (Републички завод за геолошка истраживања 2020)

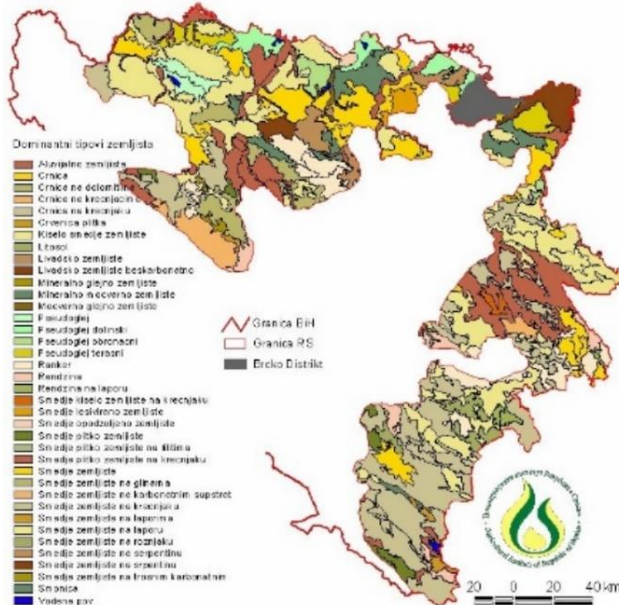
Fig. 9.20. Application "Geological maps of Republic of Srpska" (Republic Institute for Geological Research 2020)

Пољопривредни институт Републике Српске је још 2000. године кроз FAO пројекат „Инвентар стања земљишних ресурса у послеријатном периоду у Босни и Херцеговини” почео са коришћењем GIS-а у циљу агроеколошког зонирања и планирања коришћења земљишта. Сателитски снимци се користе за одређивање величине и распореда парцела, земљишног покривача и начина коришћења земљишта, економско-еколошко зонирање, за дигитални приказ климатских параметара, водених површина, облика терена, потенцијалних ерозија, израду педолошких карата, за приказ бонитета земљишта и погодности за гајење одређених биљних врста. Уз подршку Министарства пољопривреде, шумарства и водопривреде, користећи методологију наведеног пројекта, у Пољопривредном институту Републике Српске, користећи ArcGIS софтвер, постојећи подаци о земљишним ресурсима и захтјевима биљака представљени су у дигиталном облику (Влада Републике Српске 2009; Solomun et al. 2018). Ти подаци су, заједно са климатским подацима, дигиталним моделом терена и подацима о начину коришћења земљишта добијеним из сателитских снимака, инкорпорирани у GIS базу података, Сл. 9.21, која чини основу Земљишног информационог система. Као примјер, на Сл. 9.22 дат је просторни приказ доминантних типова земљишта израђен помоћу GIS-а, док је садржај тешких метала у пољопривредном земљишту града Бање Луке (Markovic et al. 2006; 2020) приказан на Сл. 9.23.



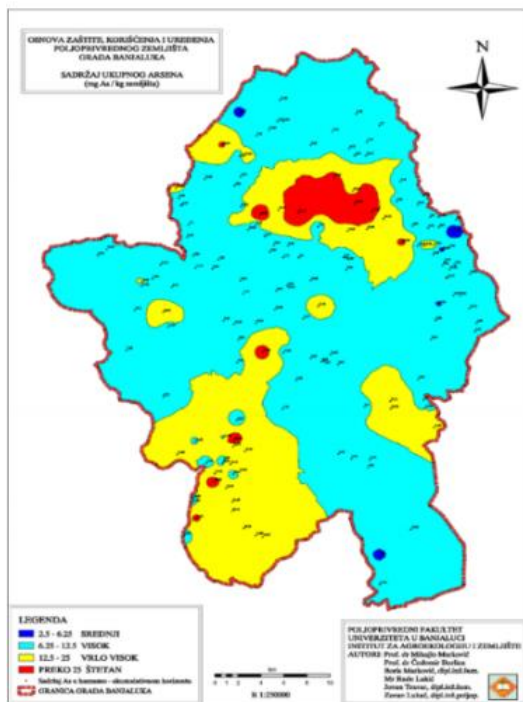
Сл. 9.21. Развој „Основа Републике као процеса планирања коришћења земљишта” (Влада Републике Српске 2009)

Fig. 9.21. Developing the "Base of the Republic as a land use planning process" (Government of the Republic of Srpska 2009)



Сл. 9.22. Карта доминантних типова земљишта (Влада Републике Српске 2009)

Fig. 9.22. Map of dominant land types (Government of the Republic of Srpska 2009)

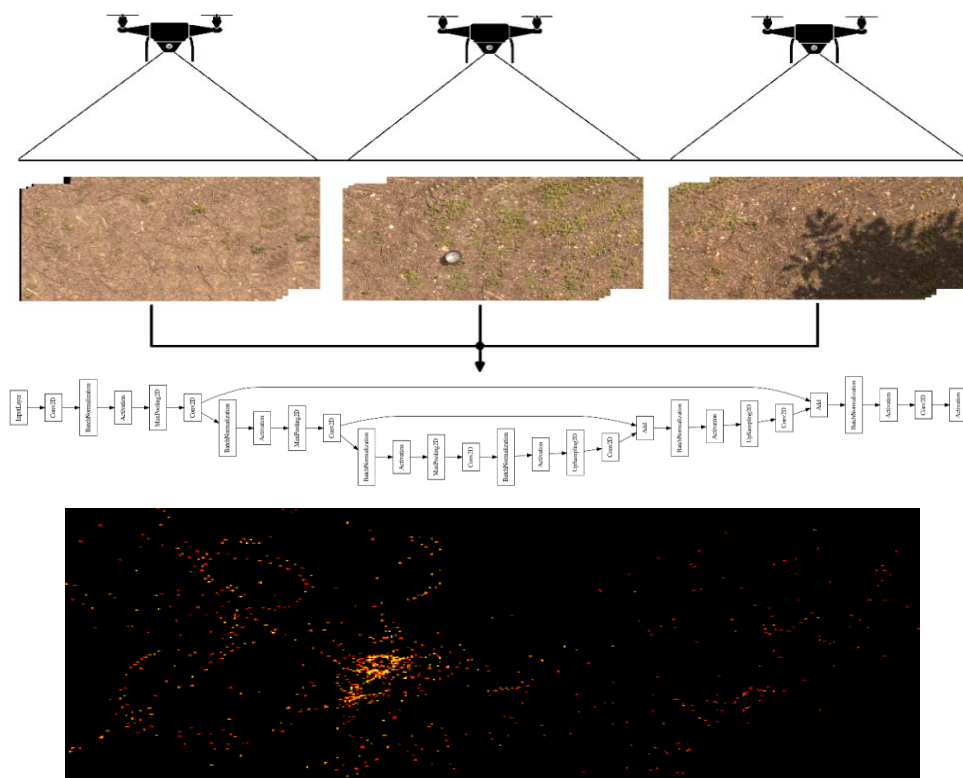


Сл. 9.23. Садржај арсена у пољопривредном земљишту града Бање Луке (Markovic et al. 2006)

Fig. 9.23. Arsenic content in agricultural land of the city of Banja Luka (Markovic et al. 2006)

Географски информациони систем и подаци прикупљени даљинским истраживањима користе се и у области процјене стања у циљу заштите пољопривредног земљишта.

Када је ријеч о загађености земљишта, неопходно је поменути да у Републици Српској још увијек постоје подручја загађена минско-експлозивним средствима, чије уклањање није нимало једноставан процес. Чак и након разминирања, постоји могућност заосталих мина, што отежава коришћење тих подручја. Стога се дигиталне технологије све више користе за детекцију и локализацију мина. На Универзитету у Бањој Луци проводе се истраживања у којима се користе биохибридни системи, настали комбинацијом електронских система и пчела као биосензора, за откривање заосталих мина након разминирања. Од раније је познато да је могуће обучити пчеле да препознају мирис експлозива и тумаче га као извор хране. Када се кошнице са тако обученим пчелама поставе близу подручја за које се сумња да је загађено експлозивом, пчеле тражећи храну чешће посећују мјеста на којима се потенцијално налази експлозив. Аутоматском анализом видео-записа анализираног подручја који се добију камерама високе



Сл. 9.24. Просторно-временска расподела пчела (Бабић З.)

Fig. 9.24. Space-time distribution of bees (Babić Z)

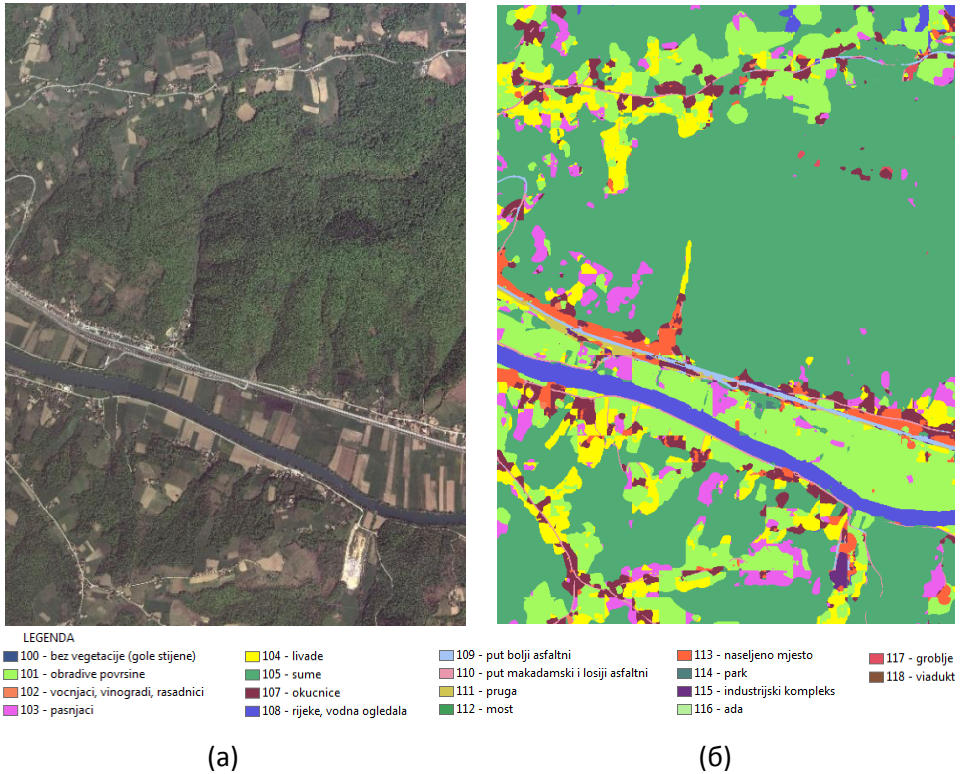
резољације монтираним на беспилотне летјелице са прецизним системом за позиционирање, користећи софистициране алгоритме обраде видеа и вјештачку интелигенцију, креира се просторно-временска мапа која указује на потенцијално присуство експлозива на мјестима која трениране пчеле најчешће посјеђују (Filipi 2022, Gillanders et al. 2021; Babić 2018; Simić et al. 2019; Kezić et al. 2018; Avramovic et al. 2018). Илустрација формирања мапе просторно-временске расподеле пчела дата је на Сл. 9.24.

9.3.4. Земљишни покривач

Земљишни покривач је физички материјал на површини земље. Постоје двије примарне методе за прикупљање података о земљишном покривачу: теренско снимање и даљинско истраживање (Anderson 1976). Коришћење земљишта представља модификацију природног земљишта у изграђено окружење као што су обрадива поља, пашњаци, планска шума и подручја на којима се налазе грађевински објекти. Модификација земљишног покривача има велики утицај на природне ресурсе, укључујући поред земљишта и воду, биљке и животиње. Откривање промјена земљишног покривача пружа основне информације за процјену утицаја климатских промјена на станишта и биодиверзитет, као и на остале природне ресурсе. Информације о коришћењу земљишта и модификацијама земљишног покривача неопходне су за одрживо управљање природним ресурсима.

Стога је први задатак мапирање, тј. сврставање просторних области у предефинисане класе земљишног покривача и начина коришћења земљишта. Иако не постоји усаглашен став по овом питању, најчешћа подјела по врстама земљишног покривача укључује класе као што су гола земља, поље (трава и друго ниско растиње), дрвеће, вода, те грађевински објекти (куће, индустријске зоне, гробља). Годинама је овај напоран посао био резервисан за експерте који су на основу аеро-снимака радили класификацију. Данас дигиталне технологије омогућавају аутоматску класификацију покривености и начина коришћења земљишта са тачношћу и поновљивошћу која превазилази људске субјекте. Доступност сателитских снимака, а посебно појава јефтиних беспилотних летјелица (дронов) са квалитетним камерама и могућношћу снимања и ван видљивог дијела спектра, довели су до тога да је сада могуће у веома кратком времену урадити мапирање покривача и начина коришћења земљишта. То отвара могућности за примјене као што су планирање и процјене утицаја на природне ресурсе, одржива пољопривреда, еколошки менаџмент, управљање катастрофама, те праћење ефеката климатских промјена.

Аутоматском класификацијом покривености и начина коришћења земљишта истраживачи у Републици Српској баве се више од једне деценије (Risojević and Babić 2011; 2012; 2016; Risojević et al. 2011). На Сл. 9.25 приказана је класификација земљишта околине Бање Луке у 18 класа (Burgiћ 2019), добијена аутоматском анализом аеро-снимка. Тачност класификације повећава се са порастом резолуције, те коришћењем мултиспектралних и



Сл. 9.25. Аутоматска класификација земљишног покривача и начина коришћења земљишта: (а) аеро-снимак околине Бање Луке у видљивом дијелу спектра и (б) класе посматраног подручја (Burgiћ 2019)

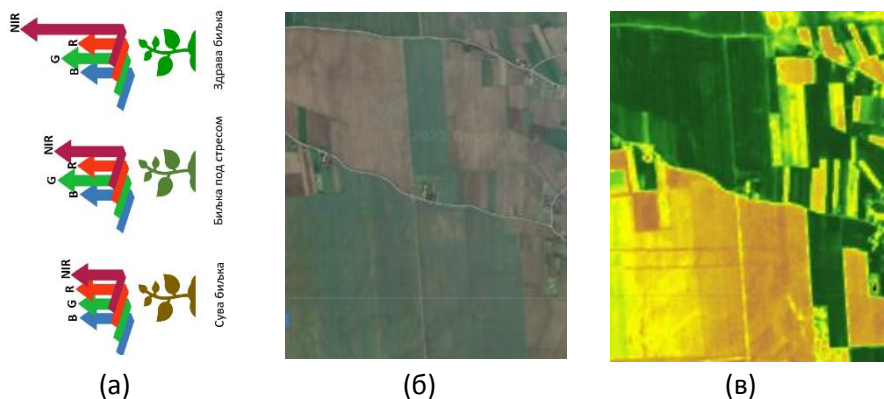
Fig. 9.25. Automatic land cover/land use classification: (a) aerial image of the surroundings of Banja Luka in the visible part of the spectrum, and (b) classes of the observed area (Burgiћ 2019)

хиперспектралних слика (Avramović and Risojević 2016), али то повећава и захтјеве за обрадом великих података.

За анализу земљишног покривача често се користе радиометријски индекси, који се добијају спектралним трансформацијама слика из више спектралних опсега. Циљ ових спектралних трансформација је формирање слике у којој пиксели попримају велике нумеричке вриједности на просторним локацијама гдје је изражено својство назначено одређеним радиометријским индексом. Од посебног значаја су вегетацијски индекси

(Huete

1988).



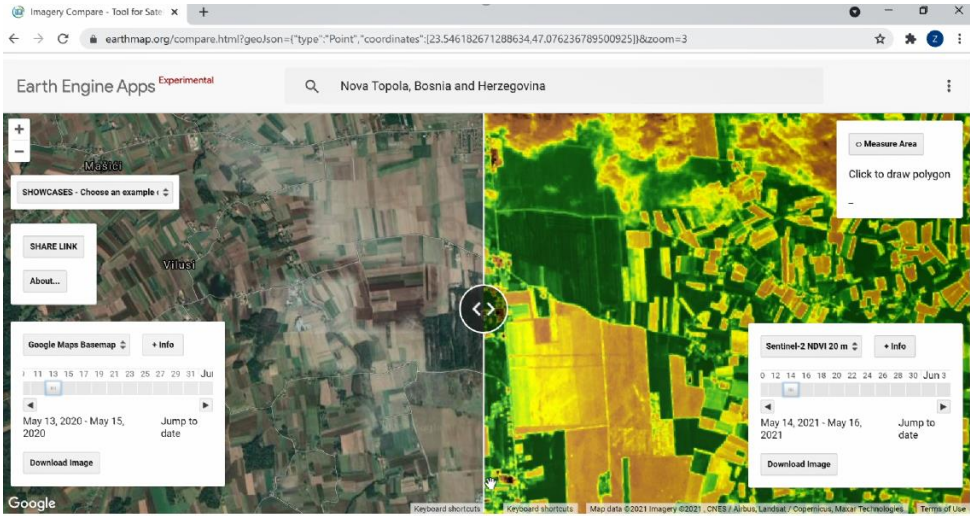
Сл. 9.26. (а) Рефлексије у плавом, зеленом, црвеном и NIR опсегу, овисно о здравственом стању биљака (б) Слика земљишта у видљивом дијелу спектра и (в) NDVI посматраног подручја (Babić and Jovanović 2022)

Fig. 9.26. (a) Reflections in the blue, green, red and NIR ranges, depending on the health status of plants. (b) Image of the land in the visible part of the spectrum and (v) NDVI of the observed area (Babić and Jovanović 2022)

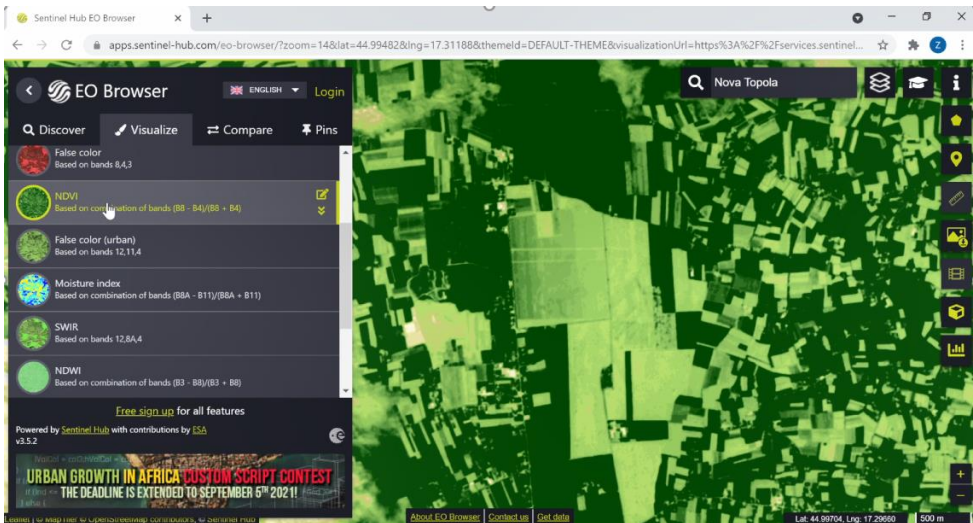
Најчешће се користи NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), који се рачуна као нормализована разлика рефлектоване свјетлости из црвеног и блиског инфрацрвеног дијела спектра. Коришћење NDVI и тумачење његових вриједности заснива се на чињеници да здрава вегетација апсорбује већину видљиве, а рефлектује велики дио блиске инфрацрвене свјетлости, за разлику од оскудне и/или нездраве вегетације која рефлектује више видљиве, а мање свјетлости из блиског инфрацрвеног опсега, Сл. 9.26. Осим за мапирање земљишног покривача, вегетацијски индекси користе се за оптимизацију наводњавања, прихрану, те рано откривање болести биљака.

Сервиси у облаку као што су *Google Earth Engine* и *Sentinel Hub* пружају могућност анализе мултиспектралних сателитских снимака, укључујући рачунање и визуализацију вегетацијских и других радиометријских индекса. Сл. 9.27 представља детаљ сателитског снимка претежно пољопривредног земљишта околине Нове Тополе у Републици Српској, Босна и Херцеговина. Слика је генерисана коришћењем онлајн *Google Earth Engine* сервиса, који корисницима омогућава лак приступ сателитским снимцима Sentinel и

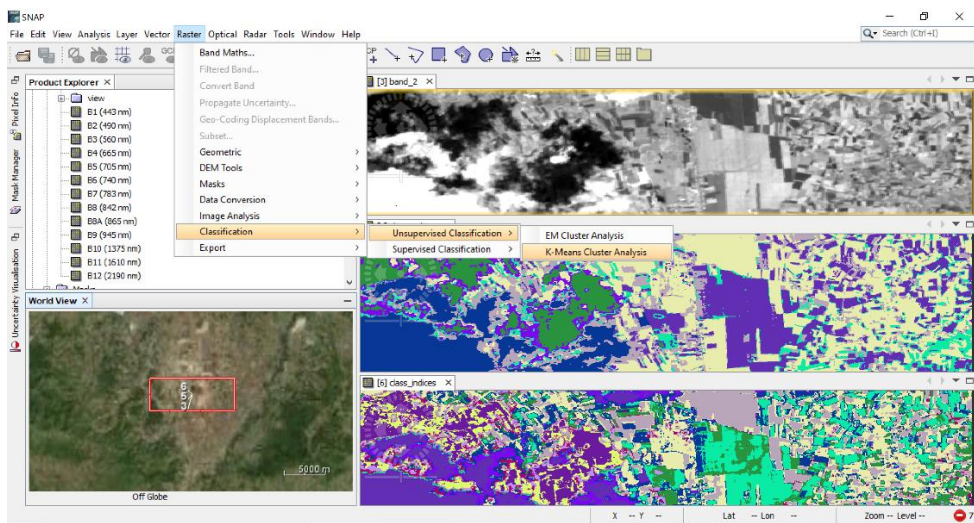
Landsat, доступним од 2000. године. На Сл. 9.27 се пореди приказ у



Сл. 9.27. Корисничко окружење Google Earth Engine сервиса за анализу мултиспектралних сателитских снимака (Babić and Jovanović 2022)
Fig. 9.27. Google Earth Engine user interface for analysis of multispectral satellite images (Babić and Jovanović 2022)



Сл. 9.28. Корисничко окружење Sentinel Hub сервиса за анализу мултиспектралних сателитских снимака (Babić and Jovanović 2022)
Fig. 9.28. Sentinel Hub user interface for analysis of multispectral satellite images (Babić and Jovanović 2022)



Сл. 9.28. Корисничко окружење SNAP апликације (Babić and Jovanović 2022)
Fig. 9.28. SNAP application user interface (Babić and Jovanović 2022)

видљивом дијелу спектра (лијево) и индекс вегетације (десно) са резолуцијом од 20 м из маја 2021. године.

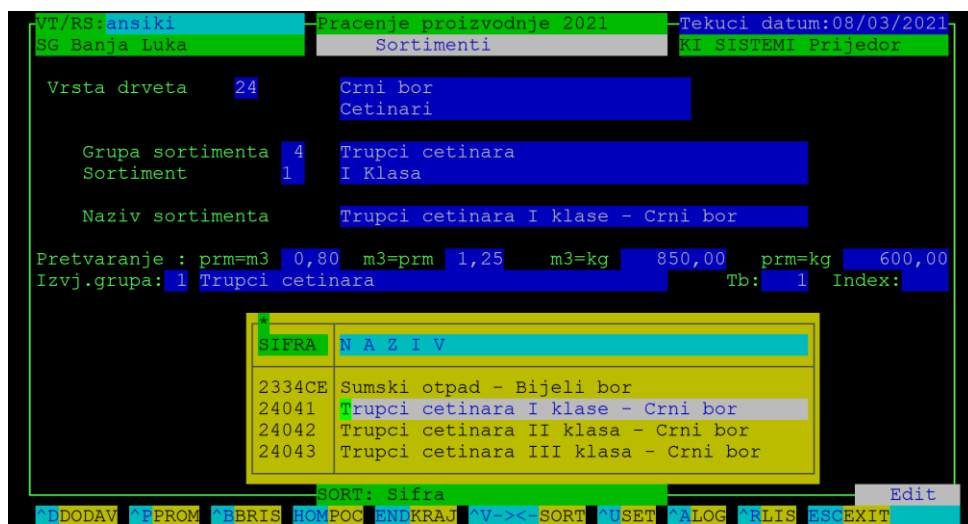
Earth Observer прегледач онлајн сервиса *Sentinel Hub*, развијен под покровитељством Европске свемирске агенције, такође омогућава преглед и анализу сателитских снимака. Корисничко окружење овог онлајн сервиса приказано је на Сл. 9.28.

Поред онлајн сервиса, за анализу мултиспектралних слика користе се и софтверске апликације које се локално инсталирају на рачунарима корисника. На примјер, *Sentinel Application Platform (SNAP)* је интуитивна десктоп апликација која се користи за визуелизацију, анализу и обраду слика добијених даљинским снимањима земљине површине, што укључује рачунање великог броја радиометријских индекса и класификацију снимака, као и могућност анализе слика снимљених дронима. Иако су оваква софтверска решења на први поглед интуитивна и једноставна, за коришћење напредних функција и сложених метода анализе снимака неопходно је дубље теоријско разумијевање ове области и сваког појединачног имплементираног алгорита.

9.3.5. Шумски ресурси

Шуме су национално богатство и стратешки потенцијал Републике Српске. По апсолутној шумовитости и укупним залихама у нето прирасту дрвне масе заузимамо значајно мјесто у Европи (Mataruga et al. 2019). Од посебног значаја су национални паркови (Сутјеска, Козара и Дрина) и прашуме (Перућица, Јањ и Лом) који су заштићени прашумски резервати. Три су основне функције шума: производна, заштитна и социјална. Ове функције су међусобно јако испреплетене, а планови газдовања шумама у Републици Српској су, нажалост, застарјели, и не врше довољно јасно функционално разграничење шумских подручја (Влада Републике Српске, 2008).

Иако су GIS технологије већ широко прихваћене у Републици Српској, постојећи информациони систем, Сл. 9.29, који је у примјени у оквиру ЈП „Шуме Републике Српске” а. д. Соколац, имплементиран је давне 1999. године и одавно је превазиђен. Његови основни недостаци су децентрализованост и споро ажурирање података, те као такав не може значајно да допринесе унапређењу пословних процеса. Планирано је увођење новог интегралног информационог система који треба да увеже постојеће базе података: инвентуру шума на великим површинама, шумскопривредне основе, мониторинг шумарских радова/операција, мониторинг стања шума и остале пратеће сегменте. Систем за подршку одлучивању треба да прати унапређење пословних процеса и даје смјернице за повећање продуктивности и ефективности рада. Коришћењем савремених информационо-комуникационих технологија и метода одлучивања, систем треба да обезбиједи рационализацију, интеграцију и оптимизацију одлучивања у ресору шумарства и ловства, размјену и синтетизацију информација интерно – унутар ресора шумарства и ловства, те екстерно – са вањским и међународним институцијама. Посебни циљеви успостављања интегралног информационог система су: унапређење тачности и ажурности података, управљање подацима великог обима, унапређење продуктивности и ефикасности рада, скраћење времена доступности података, избегавање грешака вишеструких уноса података, смањење броја мјерења шумских дрвних сортимената, те избегавање мануелног прекуцавања података из књига и образаца са терена. Планирана је употреба плочица са QR кодом за означавање шумских дрвних сортимената, као и унос података у мобилне уређаје на мјесту настанка и праћење шумских дрвних сортимената помоћу



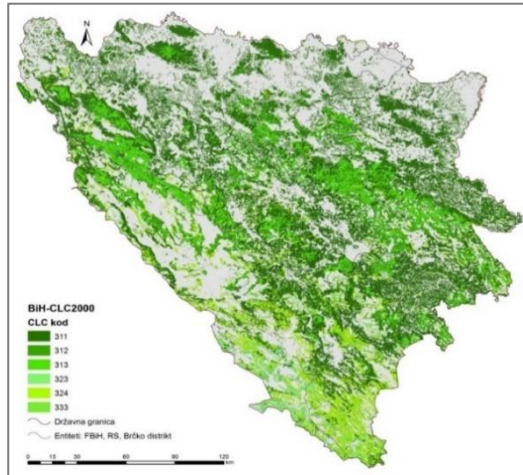
Сл. 9.29. Корисничко окружење информационог система за шуме из 1999. године (љубазношћу ЈП „Шуме Републике Српске“ а. д. Соколац 2021)

Fig. 9.29. User interface of the forest information system from 1999 (courtesy of JP "Sume Republike Srpske" a.d. Sokolac 2021)

мобилних уређаја. То ће побољшати доступност података на захтјев, унаприједити интегрални екосистемски концепт и подршку у процесу доношења одлука, те осигурати бољу транспарентност пословања.

Насупрот спором увођењу нових технологија у ЈП „Шуме Републике Српске“, истраживачка заједница која се бави шумарством увелико користи алате GIS-а, јер они омогућавају потпуну просторну и статистичку анализу и управљање подацима прикупљеним са терена. Кроз пројекат CORINE Land Cover (CLC), чији је циљ да дефинише структуру искоришћења биофизичког покривача земље и усредреди се на шумски покривач, добијени су подаци за Босну и Херцеговину у сврху израде GIS мапе употребе земљишта са припадајућом базом података (Mataruga et al. 2019). Земљиште Републике Српске покривено шумом приказано је на Сл. 9.30.

У (Motta et al. 2011) аутори су користили GIS, дигитални модел терена и софтверске статистичке пакете за проучавање структурних карактеристика и распона варијабилности мјешовите заједнице букве, јеле и смрче (*Piceo-Fago- Abietetum* Чолић 1965) која се простира на 55,8 ха шумског резервата

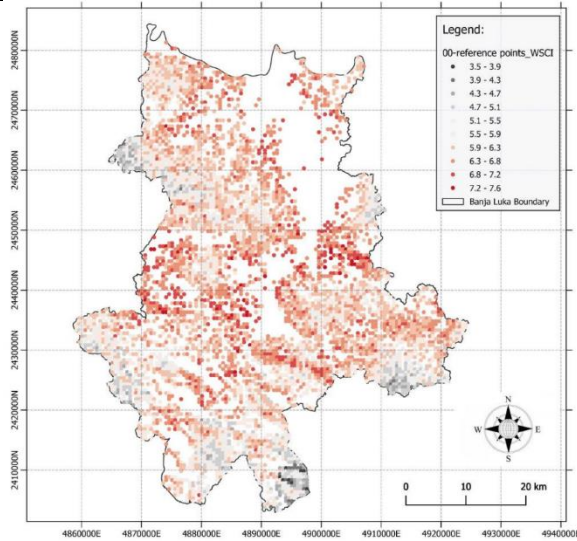


Сл. 9.30. Земљиште Босне и Херцеговине покривено шумом (Mataruga et al. 2019)

Fig. 9.30. Land of Bosnia and Herzegovina covered with forest (Mataruga et al. 2019)

Лом. Антропогене променљиве (нпр. близина путева или језгра) израчунате су у GIS окружењу, док су топографске варијабле изведене из дигиталног модела надморске висине (АСТЕР глобални дигитални модел надморске висине). За статистичку анализу коришћен је софтверски пакет PC-ORD, који је намијењен за мултиваријантну анализу еколошких података (McCune et al. 2006).

Планирање шумских путева коришћењем GIS-а приказано је у (Petković and Potočnik 2018), док студија (Mehmetaj et al. 2019) користи GIS за описивање и процјену ризика од шумских пожара с обзиром на паљење и ширење пожара на одабраном подручју. У наведеној студији креиране су мапе индекса ризика за шумске пожаре за подручје града Бање Луке, а примјер једне мапе дат је на Сл. 9.31. У (Travar 2014) аутори објашњавају модел изградње GIS базе података за матрицу зеленила града на примјерима града Требиња, док студија (Porović et al. 2018) показује значај интеграције геоеколошке процјене са GIS-ом са циљем смјештања рекреационих подручја на најповољнија мјеста без негативних утицаја на животну средину. Подаци о генетичкој варијабилности врста заједно са GIS подацима доприносе бољем



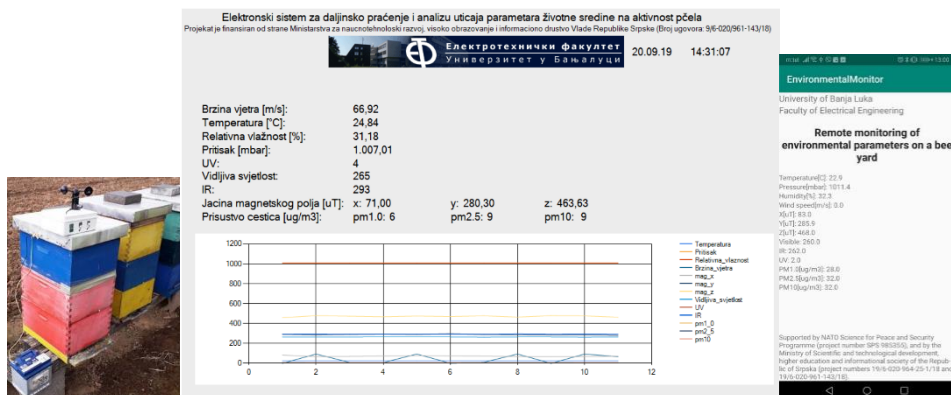
Сл. 9.31. Мапа индекса ширења шумских пожара у шумама Бањалучког региона (Mehmetaj et al. 2019)

Fig. 9.31. Map of forest fire spread index in forests of Banja Luka region (Mehmetaj et al. 2019)

разумијевању образаца варијација у сврху побољшања пракси управљања и праћења тока шумских генетичких ресурса, што чини основу за прилагођавање на климатске промјене (Mataruga et al. 2010). Примјетно је да осим GIS-а друге дигиталне технологије још нису заживјеле у шумарству Републике Српске. У (Maunaga and Dukić 2014) је наглашена потреба за значајним промјенама на путу ка одрживом шумарству на ком дигиталне технологије заузимају значајно мјесто.

9.3.6. Биодиверзитет

Биодиверзитет је мјера варијације на генетичком нивоу, нивоу врста и нивоу екосистема, која указује на биолошку разноликост и промјенљивост живота на Земљи. Свијест о потреби управљања природним ресурсима са сврхом очувања биодиверзитета значајно се развија тек средином 20. вијека. Изузетна разноликост биљних и животињских врста у Републици Српској представља не само национално богатство, већ и значајан развојни потенцијал.

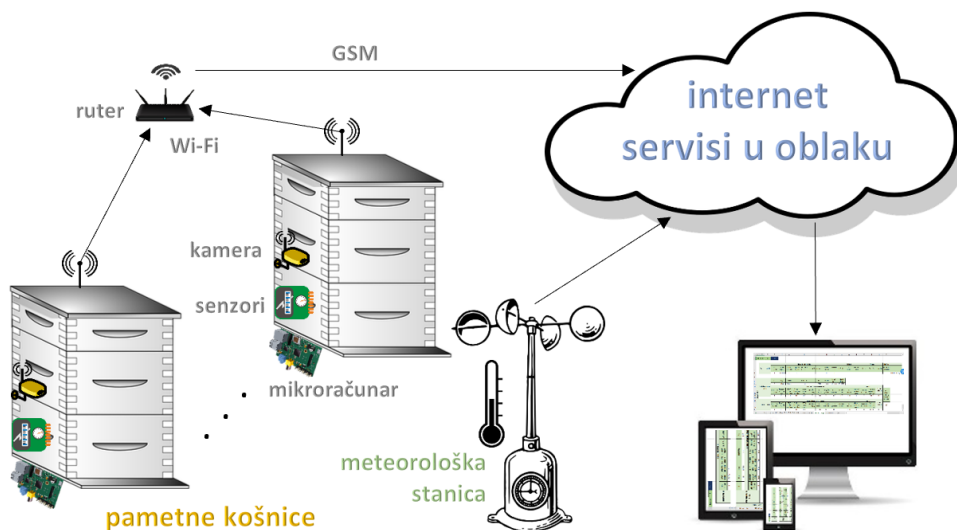


Сл. 9.32. Мониторинг амбијенталних услова на пчелињаку (Simić et al. 2020)
 Fig. 9.32. Monitoring of ambient conditions at an apiary (Simić et al. 2020)

На основу постојећих инвентара, Босна и Херцеговина сврстава се у подручја са највишим степеном биолошке разноликости у Европи (Ministarstvo vanjske trgovine i ekonomskih odnosa BiH i UNDP BiH 2002).

Пратећи глобалне процесе, у Републици Српској је основан Институт за генетичке ресурсе, који у свом саставу има Центар за биодиверзитет и Центар за одрживо коришћење генетичких ресурса. Многе дигиталне технологије подупиру процесе битне за очување биодиверзитета, од дигиталне микроскопије и дигиталних фотографија које се користе у базама биолошких слика, преко GIS-а који се користи као подлога за мапирање распрострањености врста (Zavišić et al. 2017), па до вјештачке интелигенције за детерминацију врста, класификацију и претраживање електронских база података.

Мултидисциплинарна истраживања усмјерена на спречавање изумирања пчела и заштиту риба у рибогигијелиштима, процедуре за испитивање биљних сорти, те екосистемске услуге, примјери су добре сарадње истраживача из пољопривредних и техничких наука из Републике Српске на пољу очувања биодиверзитета. Ова истраживања укључују скоро све разматране дигиталне технологије, од сензора, преко Интернета ствари, до вјештачке интелигенције. Први наведени сегмент истраживања која се проводе на Универзитету у Бањој Луци односи се на аутоматско праћење амбијенталних услова на пчелињаку и њихов утицај на активности пчела (Simić et al. 2020), праћење понашања пчела у и око кошница (Pilipović et al. 2016), те у



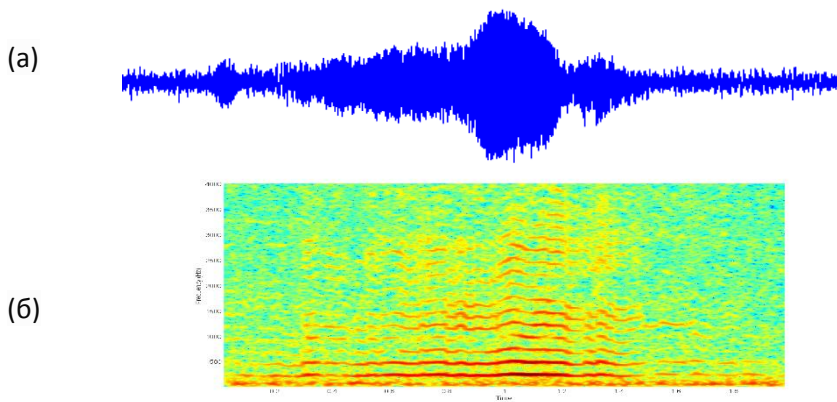
Сл. 9.33. Паметне кошнице (Бабић З.)

Fig. 9.33. Smart hives (Babić Z)

слободном простору (Stojnić et al. 2021; Avramović et al. 2018; Simić et al. 2019). Систем за праћење амбијенталних услова на пчелињаку приказан је на Сл. 9.32, а принцип паметних кошница илустрован је на Сл. 9.33. Временско-фреквенцијском анализом звукова у кошници, Сл. 9.34, могуће је извести закључке о стању пчелињег друштва. Очување пчеле као врсте посебно је значајно са становишта опрашивања, јер на тај начин пчеле утичу и на очување биодиверзитета. Стога се један правац ових истраживања односи и на улогу пчела као опрашивача, при чему се из видео-записа камере монтиране на улаз у кошницу процјењује број пчела које у кошницу уносе полен (Babic et al. 2016; Stojnić et al. 2018), Сл. 9.35.

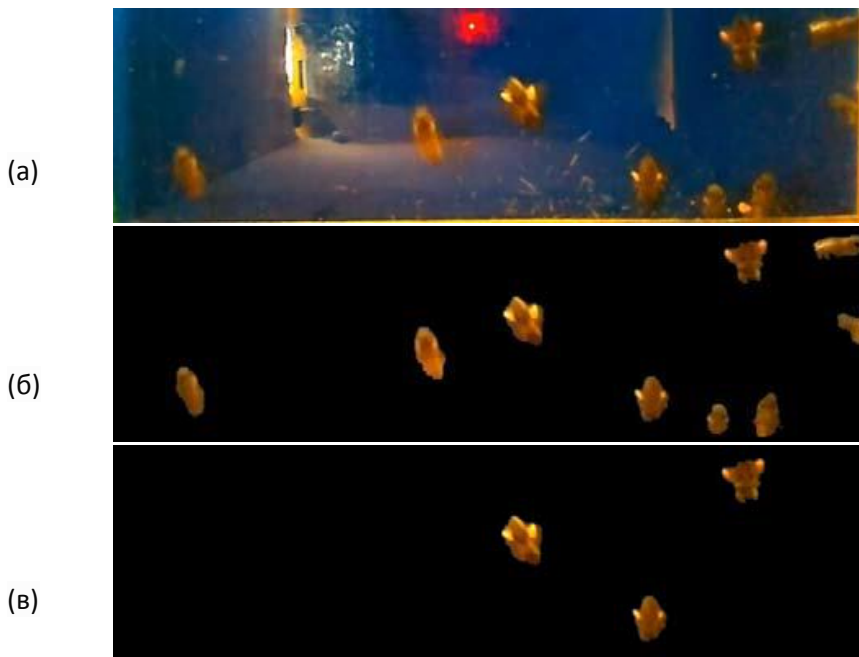
Други сегмент ових мултидисциплинарних истраживања односи се на заштиту риба у рибогојилиштима. Праћењем њихових активности, конкретно учесталости искакања на површину воде, могуће је допринијети процјени стреса којем су рибе изложене (Jovanović et al. 2016; 2018).

Трећи сегмент истраживања односи се на процедуре за испитивање нових биљних сорти, те коришћење биљака у спрези са IoT за пречишћавање ваздуха. Међународна унија за заштиту нових сорти биљака (*International Union for the Protection of New Varieties of Plants – UPOV*) прописује процедуре и смјернице за испитивање новонасталих сорти, базиране на релевантним карактеристикама (нпр. висина биљке, облик листа, боја цвијета) којим се она може дефинисати као нова сорта, односно разликовати од постојећих.



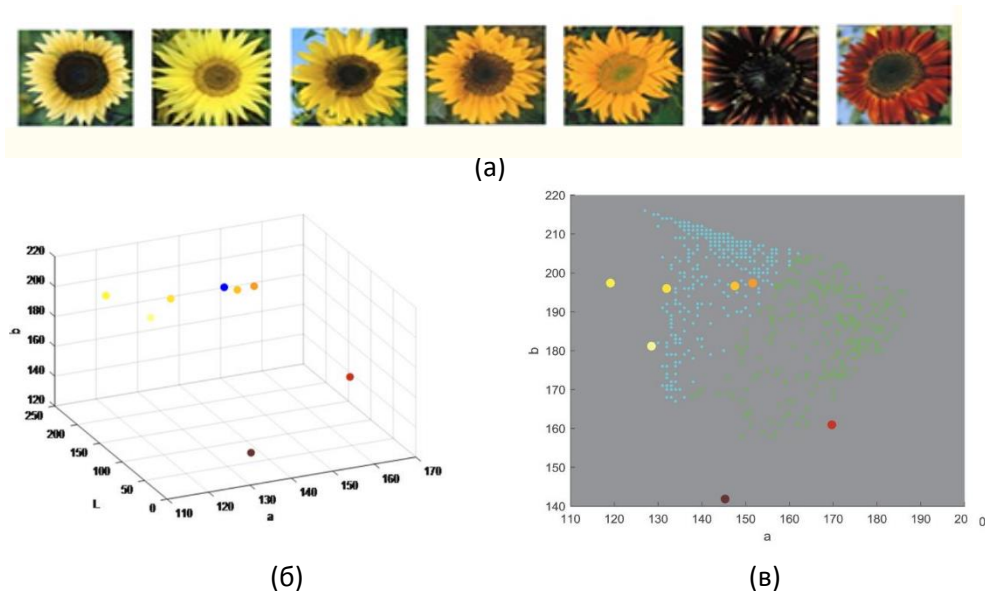
Сл. 9.34. (а) Звук пчеле у временском домену, (б) временско-фреквенцијска анализа (Бабић З.)

Fig. 9.34. (a) Bee sound in the time domain, (b) time-frequency analysis (Babić Z)



Сл. 9.35. (а) Пчеле на улазу у кошницу, (б) сегментиране пчеле, (в) пчеле које носе полен (Бабић З.)

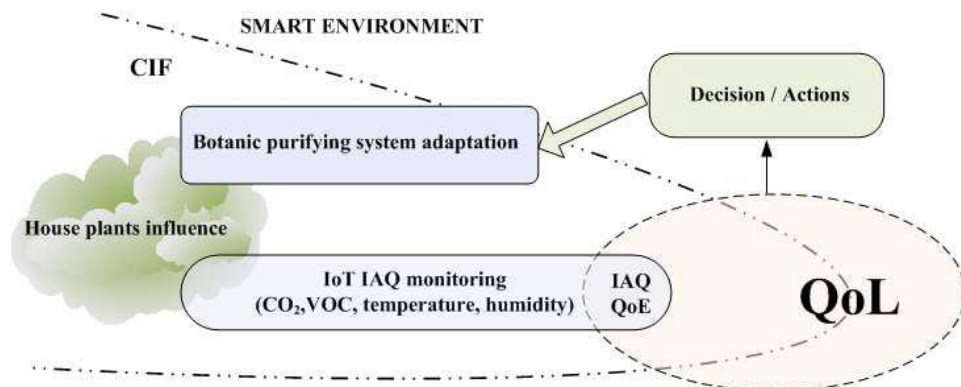
Fig. 9.35. (a) Bees at the hive entrance, (b) segmented bees, (v) pollen-bearing bees (Babić Z)



Сл. 9.36. (а) UPOV категорије, (б) средњи вектори боја латица сунцокрета и (в) пиксели груписани у кластере боја (Бабић З.)

Fig. 9.36. (a) UPOV categories, (b) mean vectors of sunflower petals, and (v) pixels grouped into color clusters (Babić Z)

Правилници и процедуре разликују се од врсте до врсте, али их често карактерише потреба за високом стручношћу евалуатора и висока субјективност. Стога је у раду (Zorić et al. 2020) предложена нова методологија, названа дигитални UPOV, која се ослања на аутоматску анализу слике, али коначну одлуку ипак препушта оцјењивачу. На примјеру украсних сунцокрета показано је да је коришћењем предложене методологије испитивање олакшано, убрзано и мање субјективно у односу на стандардне UPOV процедуре. Предложени поступак, користећи дигиталну обраду и анализу слике, за UPOV категорије за сунцокрет са Сл. 9.36(а) прво одреди средње векторе у Lab колор простору, а затим за сваки испитивани украсни сунцокрет оцјењивачу приказује положај средњег вектора испитиваног сунцокрета у односу на средње векторе UPOV категорија за сунцокрет, Сл. 9.36(б). Тачке у жућкасто бијелој, свијетло жутој, средње жутој, наранџасто жутој, наранџастој, љубичастој и црвенкасто смеђој боји представљају једну од седам UPOV категорија боја за цвијет сунцокрета, док плава тачка одговара испитиваном генотипу. Поред тога се графички



Сл. 9.37. Паметно амбијентално окружење засновано на IoT и биљкама као пречишћивачима ваздуха (Ljubojevic et al. 2016)

Fig. 9.37. Smart ambient environment based on IoT and plants as air purifiers (Ljubojevic et al. 2016)

приказује расподјела пиксела латица испитиваног генотипа у аб равни Lab колор простора. Пиксели су груписани у два доминантна кластера боја латица, приказани као плаве и зелене тачке на Сл. 9.36(ц). Овакав начин приказа, уз резултате аутоматске класификације, олакшава испитивачу доношење одлуке.

Екосистемске услуге су однедавно у фокусу истраживања из области екологије, биодиверзитета, пољопривреде, шумарства и јавног здравља. Усљед пада квалитета ваздуха узрокованог развојем индустрије и деградацијом животне средине, постоји очигледна потреба за неинвазивним и ненаметљивим системом за пречишћавање ваздуха. Познато је да одређене врсте украсних биљака значајно побољшавају квалитет ваздуха у затвореним просторима. Нове дигиталне технологије са квалитетним сензорима и IoT омогућавају праћење амбијенталних параметара: релативне влажности и температуре ваздуха, концентрације угљен-диоксида, метана и укупних испарљивих органских једињења (*volatile organic compound* – VOC) и креирање паметних амбијенталних окружења са побољшаним параметрима квалитета живота (*Quality of Life* – QoL), Сл. 9.37, у којима се користи јефтина и еколошки прихватљива метода за надгледање и пречишћавање ваздуха заснована на IoT и биљкама као пречишћивачима ваздуха (Ljubojevic et al. 2016; Zorić et al. 2019).

9.3.7. Одрживи развој

Одрживи развој је интегрисани систем привредне производње који осим задовољења људских потреба за материјалним добрима дугорочно води рачуна о природним ресурсима и животној средини. Под утицајима друштвеног и привредног развоја у Републици Српској, као и у већем дијелу свијета, долази до привременог и трајног губитка земљишта проузрокованог разним видовима деградације и деструкције, загађења вода, прекомјерног коришћења минералних богатстава и нарушавања природних станишта биљних и животињских врста. Годишњи губици, само у процесу деструкције земљишта, износе преко 1.500 ха (Влада Републике Српске, 2008). Велике залихе угља и руда метала, као и хидро и термоенергетски потенцијал утицали су на развој индустрије, али прекомјерно коришћење природних ресурса застарјелим и високо загађујућим технологијама отежава напоре на путу ка одрживом развоју. Занемаривање утицаја на животну средину у циљу што бржег економског напретка довело је до озбиљних проблема и поремећаја у биодиверзитету и антропосфери. Као одговор на ове изазове Европска комисија је припремила скуп политичких иницијатива, тзв. „Зелени план“ (*Green Deal*), чији је циљ заштита, очување и унапређење природних богатстава, те трансформација Европске уније у „поштено и просперитетно друштво, са модерном, ресурсно ефикасном и конкурентном економијом у којој 2050. године неће бити емисија гасова са ефектом стаклене баште и гдје економски раст није повезан са повећаном употребом ресурса“, а „Дигиталне технологије су пресудно средство за постизање циљева одрживости Зеленог плана...“ (European Commission, 2019).

Дигиталне технологије могу одиграти велику улогу у смањењу ризичних фактора који су најчешћи узроци угрожавања биолошких и геолошких разноликости Републике Српске: слаба проученост геолошких и биолошких разноликости, неуравнотежено управљање простором (непланска градња, кратери рударских копова, вјештачка језера, депоније смећа, загађеност земљишта минама); неуравнотежено коришћење природних ресурса (нерационално коришћење извора енергије, прекомјерно коришћење хемикалија у пољопривреди, непланска сјеча шума), неуравнотежена индустријска производња (ниска ресурсна искористивост, одсуство пречистача отпадних материја, нерационална потрошња енергије); неуравнотежена политика управљања природним ресурсима (примјена застарјелих типова управљања); слабо управљање акцидентима и катастрофама (пожари, ерозије, поплаве); као и недовољна обавијештеност о потреби очувања природних ресурса и одрживом развоју. При примјени

дигиталних технологија све важнији постају захтјеви у погледу ажурности, поузданости и управљачке оперативности прикупљених података и информација. Коришћењем технологија података великог обима и вјештачке интелигенције у системима за подршку одлучивању, концепт сакупљања информација прераста са пуког мјерења и биљежења података на извлачење оних информација које имају управљачку и економску вриједност.

Одрживо коришћење природних ресурса

Примјена принципа одрживости у коришћењу минералних ресурса је сама по себи изазов јер је рударство чин трошења ограничених ресурса. Ипак, разматрање одрживости све се више укључује у развој и рад рудника, фокусирајући се на смањење утицаја рударства на животну средину. Кључне метрике за еколошку одрживост у рударству односе се на ефикасност у потрошњи ресурса, минимизирање поремећаја земљишта, смањење загађења, као и затварање и мелиорацију исцрпљених рударских земљишта. Стратегије за процјену одрживости рударских операција укључују мјерење, праћење и рад на побољшању различитих показатеља еколошких перформанси, а оне се користе за утврђивање да ли је рударска операција одржива. Други сегмент одрживог коришћења односи се на одговорно управљање минералним ресурсима током читавог њиховог животног циклуса, укључујући фазу употребе и крај животног вијека, са пратећим импликацијама на смањење количине ископаног материјала и очување резерве за будуће генерације (Gorman and Dzombak, 2018). Оптимизацију самог процеса експлоатације тешко је извршити без рачунарске подршке. Коришћење минералних ресурса повезано је са многим факторима, као што су геолошке карактеристике лежишта, метеоролошки услови, постојећа инфраструктура, законски прописи, као и цијене минералних сировина на тржишту, па савремени трендови у системима за подршку одлучивању фаворизују оријентацију ка интегралним надзорним информационим и управљачким системима. Аутори (Malbašić et al. 2019a; 2019b) из Републике Српске предложили су приступ који користи централизовану и интегрисану базу података, повезану са догађајима који су релевантни за стварни систем, и који пружа могућност контроле над цијелим системом, при чему се информације за одређене подсистеме динамички изводе из података генерисаних од других подсистема. Примјеном савремених метода обраде великих података, управљање коришћењем минералних ресурса, које је специфично због огромног броја утицајних параметара из разнородних сегмената, резултује доношењем много бољих одлука.

Међу негативним утицајима на одрживо коришћење шумског богатства може се препознати неодговарајуће газдовање шумама као посљедица примјене застарјелих метода и технологија. Прекомјерним сјечачама и непланским шумским радовима нарушава се стабилност екосистема, што за посљедицу има уништавање читавих микронасеља разних врста инсеката и птица. Евидентно је и непланско коришћење осталих (недрвних) шумских производа (гљиве, љековито биље,...). Изградња шумских комуникација је неопходна, али и та активност мора бити добро планирана (Petković and Potočnik 2018), тако да у што мањој мјери нарушава животну средину многих биљних и животињских врста. Планирано увођење савременог информационог система требало би да помогне у рјешавању ових проблема који могу довести до трајних оштећења са несагледивим посљедицама. Једну од највећих опасности по шуме сигурно представљају пожари. Иако смо још увијек далеко од имплементације система за предвиђање пожара, неке нове технологије којима је могуће предвидјети његово ширење (Mehmetaj et al. 2019) свакако треба да буду усвојене што је могуће прије.

Одрживо коришћење воде укључује све политике, стратегије и активности за управљање природним ресурсима воде, заштиту хидросфере и испуњавање тренутних и будућих људских потреба. Фактори попут климатских промјена повећали су притисак на природне водне ресурсе, посебно у производњи и наводњавању у пољопривреди. По процјенама Свјетског пословног савјета за одрживи развој, 70% воде користи се за наводњавање, од чега 15–35% наводњавања није одрживо (World Business Council for Sustainable Development, 2005). Савремене дигиталне технологије у прецизној пољопривреди омогућавају производњу хране са рационалним коришћењем воде побољшањем система наводњавања и управљања пољопривредним водама (Glória et al. 2020). У индустрији се користи око 22% воде, а 8% свјетске употребе воде је у домаћинствима. Главни индустријски корисници укључују хидроелектране, термоелектране и рафинерије које користе воду у хемијским процесима. Иако постотак коришћења воде у домаћинствима није велик, постоји читав низ рјешења која примјењују дигиталне технологије за уштеду приликом употребе воде. Један од њих је урбани систем за подршку одлучивању у управљању водом (Magiera and Froelich 2014), који се заснива на подацима са сензора прикачених на уређаје за снабдијевање водом у градским насељима, који прикупљају податке о потрошњи воде. Информације о потрошњи воде у уређајима као што су машине за прање суђа, машине за прање веша, те тушевима и славинама се снимају, обрађују и бежичним путем шаљу на мобилне уређаје корисника. Систем је у стању да анализира и покаже власницима кућа који уређаји

користе највише воде и које понашање или навике треба мијењати како би се смањила потрошња воде.

У поређењу са неким другим европским земљама, може се слободно рећи да је Република Српска богата водним ресурсима. Међутим, неадекватно управљање водама често доводи до еколошких проблема и економских губитака. Бројни еколошки проблеми генерисани су неадекватном институционалном инфраструктуром, индустријом која се претежно заснива на старим технологијама, коју карактеришу ниска ефикасност, недовољна примјена мјера заштите животне средине и недостатак систематског праћења (Kaštelan-Macan et al. 2007). Један од највећих проблема је загађење водених токова непречишћеним индустријским и комуналним отпадним водама и непостојање базе података о загађивачима и утицају на животну средину. Стога је уз мониторинг стања и водне информационе системе један од приоритетних циљева у управљању водама изградња капацитета за процјену квалитета воде. У овом сегменту дигиталне технологије пружају низ рјешења, као што су системи који користе даљинска истраживања (Gholizadeh et al. 2016), бежичне сензорске мреже (Adu-Manu et al. 2017), Интернет ствари (Chowdury et al. 2019) и вјештачку интелигенцију (Chau 2006; Tung and Yaseen 2020; Chen et al. 2020).

Одржива пољопривреда

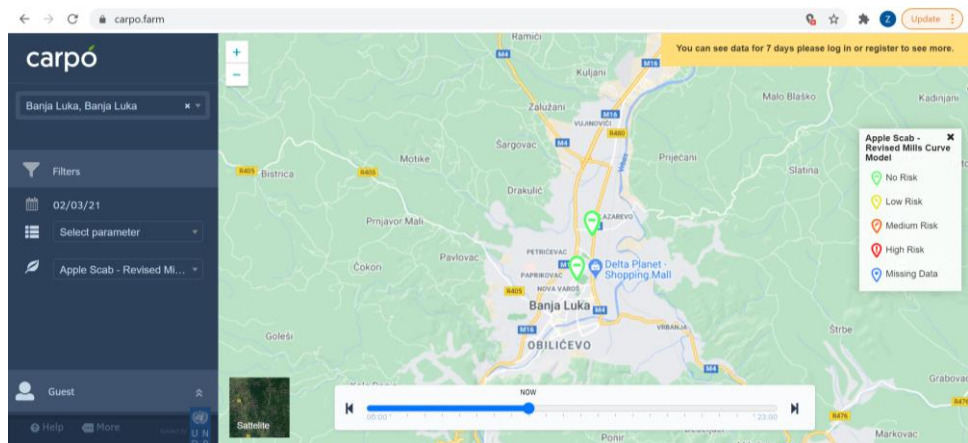
Кључни принципи повезани са одрживошћу у пољопривреди су: укључивање биолошких и еколошких процеса као што су кружење хранљивих материја, регенерација земљишта и фиксација азота; коришћење смањених количина необновљивих и неодрживих улаза, посебно оних који су штетни за околину; те сарадња стручњака из различитих области при рјешавању проблема у пољопривреди (Pretty 2008). Скуп политичких иницијатива Европске комисије под називом „Зелени план” у сегменту који се односи на пољопривреду предвиђа повећање органске производње, смањење употребе пестицида за 50%, ђубрива за 20% и антимикробних средстава у пољопривреди за 50% до 2030. године, те смањење губитака хранљивих материја за најмање 50%. Најважнији фактори одрживе пољопривреде су клима, земљиште, хранљиве материје, водени ресурси и енергија. На све ове факторе могуће је утицати користећи дигиталне технологије. Њима се прикупљају, чувају, анализирају и размјењују подаци и информације у електронском облику дуж пољопривредног ланца вриједности, те говоримо о дигиталној пољопривреди. Надгледање промјена животне средине и доношење одговарајућих и правовремених одлука на основу прикупљених

података са циљем оптималног коришћења ресурса и заштите животне средине основни су принципи дигиталне пољопривреде. Праксе које дугорочно утичу на одрживу пољопривреду су прекомјерно обрађивање земљишта, неодговарајуће наводњавање и ђубрење. Дуготрајна употреба хемијских ђубрива која садрже фосфате негативно утиче на микроорганизме у земљишту, а уз то исцрпљује необновљиви природни ресурс камених фосфата. У одрживој пољопривреди обнављање земљишта би требало да прати минимизирање употребе необновљивих ресурса. Рачунарски симулациони модели који користе податке о земљишту, временским приликама и усјевима, од којих су неки засновани на сервисима у облаку, омогућавају пољопривредницима да доносе адаптивне управљачке одлуке којима могу побољшати ефикасност употребе ђубрива и истовремено смањити негативан утицај на животну средину (Salo et al. 2016; Sela et al. 2017).

Најважнији сегмент дигиталне пољопривреде са становишта одрживог развоја природних ресурса јесте прецизна пољопривреда. Прецизна пољопривреда је систем за подршку одлучивању заснован на посматрању и мјерењу специфичности одређеног локалитета. Програмираном и прилагођеном примјеном хранљивих састојака, наводњавањем са промјенљивом брзином, машинским вођењем садње и сјетве и уклањања корова прецизна пољопривреда може да смањи употребу хемијских средстава постижући исти принос, чиме се значајно чувају природни ресурси и мање загађује животна средина. Јефтине и свеприсутни сензори, рачунарство у облаку и вјештачка интелигенција имају потенцијал да доведу до револуционарних промјена у овој области.

Истраживања и праксе у Републици Српској у области примјене дигиталних технологија у одрживој пољопривреди присутна су дуги низ година и иду у неколико смјерова, од развоја сензора, роботике, прецизне пољопривреде, примјене GIS-а, до система за подршку одлучивању и систематске едукације. Појавом глобалних система за позиционирање и навигацију и развојем сензора и мобилних платформи отвориле су се небројене могућности практичних примјена прецизне пољопривреде. За интензиван развој пољопривредних култура неопходно је прилагођавање промјенљивој клими и биоклиматским условима (Trbic et al. 2016; Trbic et al. 2018). Користећи предности дигиталних технологија, једноставно је добити прецизне информације о температури, влажности и другим микроклиматским условима појединачних парцела те донијети оптималне одлуке у смислу наводњавања, прихране и употребе других хемијских средстава, усклађене са принципима одрживог управљања природним ресурсима. Министарство

пољопривреде, шумарства и водопривреде подржава развој прецизне пољопривреде кроз низ пројеката који узгајивачима, савјетодавцима, научним и образовним институцијама омогућавају да на једном мјесту добију квалитетне и стручно утемељене информације о тренутном статусу и прогнозе везане за временске услове, потребе биљака у погледу наводњавања, те услове за развој болести и штеточина. Сл. 9.38 приказује корисничко окружење информационог система CARPO намијењеног првенствено за праћење и контролу болести и штеточина на воћу и поврћу. Преглед тренутног стања дигитализације пољопривреде на нашим просторима са примјерима добре праксе може се наћи у (Mijić et al. 2021). Истраживачи из Републике Српске активно су укључени у развој сензора који се користе у пољопривреди који су засновани на најновијим материјалима и технологијама (Simić et al. 2016a; 2016b). Бежичне наносензорске мреже за надгледање земљишта и усјева обезбјеђују правремене и поуздане информације на основу којих је могуће донијети одлуке које утичу на ефикасније коришћење воде, ђубрива, хербицида, пестицида и инсектицида. Међутим, још увијек постоји забринутост везана за примјену у погледу сигурности података и приватности, као и токсичност наноматеријала и утицаја на животну средину (Maksimović and Omanović-Miklićanin 2017; Maksimović 2018; Maksimović et al. 2019a; 2019b). Методе обраде и анализе дигиталних слика примијењене у рачунарском виду код робота обезбјеђују апликацију хемијских средстава на мјестима гдје је то заиста потребно и на тај начин смањују загађење земљишта (Jiandong et al. 2020). Компанија „HoloSCOPE“, у сарадњи са истраживачима Универзитета у Бањој Луци, развија роботско рјешење за прецизну прихрану и заштиту биљака у пластеницима. Пословна интелигенција, као скуп метода и поступака који подржавају анализу података и процес доношења одлука заснованих на подацима, све више заокупља пажњу и домаћих истраживача и налази све већу примјену и у нашем окружењу. Када се примјењује у пољопривреди, пословна интелигенција обухвата широк спектар технологија, укључујући, али не ограничавајући се на: сензоре на пољима, апликације на мобилним уређајима специфичне за пољопривреду, системе прецизне пољопривреде, IoT и сервисе у облаку. Системи пословне интелигенције надгледају сваки аспект пољопривредне производње, прикупљају податке и извлаче из њих корисне информације које служе као подршка одлучивању. Концепт пословне интелигенције и могућности његове примјене за анализу података и подршку одлучивању у пољопривреди приказани су у радовима домаћих аутора (Vico et al. 2017).



Сл. 9.38. Корисничко окружење информационог система CARPO (Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде Републике Српске 2018)
Fig. 9.38. User environment of the CARPO information system (Ministry of Agriculture, Forestry and Water Management of the Republic of Srpska 2018)

Зелена енергија

Одржива енергија или зелена енергија је енергетски ефикасан начин производње и употребе енергије за задовољење данашњих потреба са што је могуће мањим штетним утицајем на природне ресурсе и животну средину и без угрожавања потреба будућих генерација за овим ресурсом. Одржива енергија у Републици Српској базира се на коришћењу обновљивих извора енергије (хидроенергија, енергија вјетра, соларна енергија, геотермална енергија, енергија биомасе) и енергетској ефикасности њене употребе. Уз добро планирање помоћу софтверских модела и система за подршку одлучивању, коришћење обновљивих извора енергије може имати позитивне ефекте на енергетски систем Републике Српске (Zeljковић et al. 2019; 2020, Vasković et al. 2015, Dumonjić-Milovanović et al. 2016). Ријечни потенцијали Републике Српске посједују велики потенцијал у производњи хидроенергије, па повећана потреба за енергијом потиче изградњу нових хидроелектрана. При изградњи хидроелектрана неопходно је водити рачуна о очувању природних ресурса, првенствено биолошког минимума водених токова и станишта биљних и животињских врста. Софтверски симулациони модели прије саме градње увелико помажу у процјени њиховог утицаја које би хидроелектране могле имати на животну средину. Додатна пажња, кад је ријеч о заштити животне средине, потребна је и приликом коришћења других обновљивих извора енергије. На примјер, соларни фотонапонски системи

генерално имају позитиван утицај на животну средину, али њихов већи продор намеће и нове изазове везане за коришћење опасних хемикалија у њиховој производњи (Kardaš et al. 2020). У (Gvero et al. 2010) је показано да су капацитети обновљивих извора Републике Српске такви да могу значајно да утичу на климатске промјене. Коришћењем обновљивих извора енергије, укључујући и производњу енергије из отпадних вода (Kardaš and Bogdan 2017), Република Српска се придружује глобалним напорима за смањење емисије стакленичких гасова и заштиту животне средине.

Индустрија 4.0

Четврта индустријска револуција, кратко названа Индустрија 4.0 (Kamble et al. 2018) није нови облик технологије већ процес аутоматизације традиционалних производних и индустријских пракси инспирисан наглим напретком дигиталних технологија, првенствено Интернета ствари, међусобне комуникације међу машинама, технологијама великих података, сајбер-физичким системима и вјештачке интелигенције, којима се постижу такви резултати који прије 10 година нису били могући. Развијају се паметне машине и цијеле фабрике које ће бити у стању да, без потребе за људском интервенцијом, анализирају и дијагностикују проблеме, врше самооптимизацију, самоконфигурацију, и користе вјештачку интелигенцију за извршавање сложених задатака како би испоручиле изузетно квалитетну робу или услуге уз веома високу трошковну ефикасност. Индустрија 4.0 има огроман потенцијал да допринесе одрживом развоју. Комбинација вјештачке интелигенције, сајбер-физичких система и других напредних технологија нуди рјешења за постизање веће ефикасности функција уз оптимално коришћење природних ресурса у производним процесима, смањење загађења, смањење емисије стакленичких гасова, смањење потрошње енергије, уз истовремено повећање добити. Свјесни чињенице да је одржива производња једно од најважнијих питања у садашњем индустријском сценарију, све већи број производних компанија и у Републици Српској усваја принципе паметних фабрика, а истраживачка заједница се увелико бави овим сегментом. Приликом генерисања и оптимизације процеса, примјењују се нови концепти и модели који користе технике интелигентног планирања и колаборативних технологија. У (Milošević et al. 2019) је приказан један такав систем који користи технологију и услуге у облаку за дефинисање процесних планова. Машинска индустрија континуално прати развој нових дигиталних технологија. На примјер, са намјером да умањи негативне ефекте повезане са течностима за резање метала користе се технике машинског учења за одређивање оптималне

комбинације параметара обраде (Cica et al. 2020). У многим производним процесима уводе се нове технологије, најчешће са циљем смањења утrophка енергије. Тако је нпр. реконструкција стандардног дестилатора резултирала краћим трајањем дестилације и већом количином есенцијалног уља, а због краћег времена третмана смањена је потрошња енергије и количина воде која је потребна за фазу кондензације (Dobrnjac et al. 2017). Интернет ствари доводи до брзог развоја многих услужних сектора, попут паметног окружења, паметног управљања, паметне мобилности, паметне мреже, паметних комуналних услуга, паметног саобраћаја, паметних кућа/зграда и других. Међутим, због хетерогених IoT рјешења, протокола и модела карактеризације података, много је изазова и питања везаних за одређени IoT сценарио, окружење, контекст, технологију или апликацију, те је у (Gardašević et al. 2017b) дат преглед тренутних напора који воде ка стандардизацији у овој области и представљени резултати добијени тестирањем перформанси хардверске платформе *OpenMote* за индустријске IoT апликације.

Одрживи туризам

На свјетском нивоу број туриста је повећан са 25 милиона у 1950. на 1,4 милијарде у 2019. години (Sustainable tourism 2022). Развој туризма доводи до значајних утицаја на природне ресурсе: загађења усљед повећања обима коришћења превозних средстава, већег коришћења воде, као и уништавања природних станишта биљака и животиња. Те су промјене најчешће постепене, али кумулативне и неповратне. Стога је неопходно пронаћи равнотежу између ограничења и употребе, тако да праћење и планирање осигуравају одржив туризам. Развој туристичких регија Републике Српске треба да буде уз што је могуће боље очување затечених вриједности природних ресурса. То подразумијева планско осмишљавање туристичке понуде локација уз одговорно управљање коришћеним простором. На примјер, у (Poročić et al. 2018) је показано како савремене дигиталне технологије, првенствено геоекологија уз примјену GIS-а, могу помоћи просторним планерима при креирању карте рекреационог потенцијала. Неке врсте туризма, као што је бањски туризам, снажно зависе од временских услова. На основу биоклиматског модела размјене људске топлоте са околином, генерисаног користећи информационе технологије у (Pecelj et al. 2010), рачунају се биоклиматски индекси који служе за успостављање релација између климе и рекреације у бањским љечилиштима околине Бање Луке. Како туризам заснован на природи и спортске активности у природи (трчање, планинарење, бициклизам) постају све популарнији, појављује се

читав низ мобилних апликација које олакшавају и обогаћују ове активности, почевши од навигације и праћења руте, па до оцјене перформанси и побољшања технике спортске активности. Растућа популарност туризма у природи наглашава потребу бољег управљања заштићеним подручјима. Због повећаног промета људи, неодрживи туризам може негативно утицати на биодиверзитет, те је пожељно знати број посјетилаца и обрасце њихових понашања, а за то се могу користити подаци мобилне телефоније (Kim et al. 2020). У туристичком сектору дигиталне технологије омогућавају брзу, једноставну и јефтину размјену информација. Добро осмишљена промоција туризма путем Web платформи и друштвених мрежа може значајно утицати на одрживост туризма. Стање у Републици Српској у овом погледу анализирано је и представљено у (Vaško and Vaško 2018).

Образовање и приступ информацијама

Незаобилазан сегмент који осигурава очување природних ресурса и одржив развој је едукација о могућностима примјене дигиталних технологија. Распожива техничка и технолошка рјешења код нас су још увијек недовољно искоришћена. Експлоатација природних богатстава, пољопривреда и многе друге индустријске гране се и даље у великој мјери ослањају на застарјеле методе производње и управљања природним ресурсима. С друге стране, сектор информационо-комуникационих технологија у Републици Српској добро је развијен. Изградња одрживе будућности у великој мјери зависи од примјене дигиталних технологија у областима које утичу на природне ресурсе, чему до сада није посвећено довољно пажње у образовању и практичном усавршавању. Имајући то на уму, Erasmus+ пројекат под називом „Витализирање значаја ИКТ у образовању у пољопривреди“ (Vitalising ICT Relevance in Agricultural Learning – VIRAL), који се реализује на Универзитету у Бањој Луци, има за циљ стицање виших нивоа знања и вјештина о могућностима примјене ИКТ у пољопривреди, како у формалном тако и у неформалном образовању.

Концепт отворене науке је покрет да се информације о научним истраживања (укључујући публикације, податке, физичке узорке и софтвер) учине доступним свим нивоима друштва. Отворена наука је транспарентно и доступно знање које се дијели и развија кроз колаборативне мреже, те на тај начин пружа огромне могућности да се образовање у сфери природних ресурса подигне на значајно виши ниво. Универзитет у Бањој Луци учествује у реализацији пројекта „Националне иницијативе за отворену науку у Европи“ (National Initiatives for Open Science in Europe – NI4OS Europe), чији су основни циљеви базирани на иницијативи за облак отворене науке (Open

Science Cloud) који би омогућио проналажење, приступачност, интероперабилност и поновну употребу података, те генеричке услуге (рачунање, складиштење података, управљање подацима), тематске услуге, репозиторијуме и скупове података.

9.4. Закључак

Дигиталне технологије дубоко прожимају све сфере људског живота. У очувању природних ресурса и одрживом развоју проширују границе спознаје креирањем нових информација и утичу на начин на који одлучујемо и дјелујемо. Посебно је значајна њихова улога у акутним ситуацијама природних катастрофа и ситуацијама када се суочавамо са новим сложеним проблемима, када је искуствено знање стечено у прошлости недовољно. У сфери опажања разнородни сензори, бежичне сензорске мреже, даљинска истраживања и Интернет ствари превазилазе ограничења људских чула у погледу обима информација, скале и резолуције посматрања, омогућавају поновљивост и документовање, те брзу размјену информација. Когнитивни сензори су у стању да анализирају прикупљене мјерне податке и корисницима сервирају само информације које су од значаја у фази одлучивања и дјеловања. Мијењајући начин посматрања природних ресурса дигиталне технологије мијењају и наш начин размишљања и помажу нам у разумијевању сложених система. Омогућавају нам нове облике стицања искуственог знања користећи моделовање и симулације, те предиктивним моделима ублажавају оскудност информација при доношењу одлука у новим ситуацијама. Технологије података великог обима омогућавају откривање скривених образаца и корелација у подацима о природним ресурсима. Тако генерисане информације су цјеловитије, поузданије и сигурније, те пружају дубљи увид у природу самих појава. Географске информационе системе користимо за процјену природних богатстава, надгледање промјена и предвиђање токова догађаја. На тај начин нам помажу у разумијевању процеса, расуђивању и доношењу одлука о начинима дјеловања. Вјештачка интелигенција помаже у откривању и квантификовању природних ресурса и разумијевању сложених односа међу факторима који на њих утичу, те олакшава анализу и доношење одлука у условима када су доступне огромне количине, често неуједначених и непоузданих, података и информација. Због захтјева за енормним рачунарским ресурсима које постављају ови сложени методи анализе, све више апликација које користе податке великог обима и вјештачку интелигенцију се ослања на рачунарство и сервисе у облаку. Иако је

вјештачка интелигенција још увијек праћена низом контроверзи јер није у потпуности теоријски разјашњена, а није ни потпуно јасно како мјерити жељене и потенцијалне нежељене ефекте њене примјене, те какве психолошке и социолошке ефекте има и може имати, све је већи број области, укључујући и очување природних ресурса, а посебно одрживи развој, гдје се појављују овакве апликације. Поред свих наведених предности, дигиталне технологије имају и низ негативних утицаја на природне ресурсе, као што су загађење животне средине опасним материјама које настају у процесу производње уређаја, велика потрошња енергије и велике количине електронског отпада. Иако је тешко сагледати граничне могућности дигиталних технологија и све посљедице до којих би њихова употреба могла довести у будућности, сигурно је да их се, бар у догледно вријеме, нећемо одрећи, те стога морамо преузети и одговорност за њихову употребу.

Као и свуда у свијету, управљање природним ресурсима у Републици Српској постаје све сложеније. Неопходно је помирити потребу за убрзаним економским растом са очувањем природних ресурса, задовољити потребе садашњице, не доводећи у питање способност будућих генерација да задовоље властите потребе. На путу ка одрживом развоју, Република Српска улаже велике напоре дјелујући не само на националном нивоу, него и укључивањем у заједничке активности са земљама из окружења и на глобалном нивоу. У стратешким документима везаним за управљање природним ресурсима са циљем одрживог развоја препознат је значај и улога дигиталних технологија неопходних за квалитетан мониторинг и информационе системе. Широко је распрострањена употреба географских информационих система и даљинских истраживања. Направљен је инвентар стања земљишних ресурса, те креиране дигиталне геолошке карте и дигиталне карте покривености и начина коришћења земљишта. Развијен је и дијелом јавно доступан водни информациони систем, који пружа подршку у управљању водама, извјештавању и информисању, а заштита од штетног дјеловања вода је такође значајно унапријеђена примјеном дигиталних технологија. У току је израда геолошког информационог система. У циљу рационализације и оптимизације пословања, већ одавно застарио информациони систем за шумске ресурсе мијења се савременим системом који обједињује све пословне процесе, од сакупљања података на терену, њихове обраде и анализе, израде планске документације, до праћења реализације послова и промета дрвним и недрвним сортиментима. Низом пројеката подржан је развој дигиталне пољопривреде. Дио привредних компанија у Републици Српској, инспирисани наглим напретком дигиталних

технологија, врши аутоматизацију традиционалних производних и индустријских пракси по принципима одрживог развоја Индустрије 4.0. Велика пажња се поклања одрживој енергији, која се у Републици Српској базира на коришћењу обновљивих извора енергије и енергетској ефикасности њене употребе, уз добро планирање помоћу софтверских модела и система за подршку одлучивању.

Ипак, евидентно је да се коришћење природних богатстава, пољопривреда и велик дио индустрије Републике Српске и даље у великој мјери ослањају на застарјеле методе. Примјетан је несклад између добро развијеног сектора информационо-комуникационих технологија и примјене дигиталних технологија у очувању природних ресурса и одрживом развоју. Иако постоји довољно стручног знања у области дигиталних технологија, расположива техничка и технолошка рјешења код нас се споро уводе. Одрживу будућност, која у великој мјери зависи од дигиталних технологија, треба градити од темеља, дајући јој већи значај у образовном систему и информисању јавности. Научноистраживачки и иноваторски рад у Републици Српској у овој области је фрагментиран, и постоји свега неколико мултидисциплинарних тимова који се баве примјеном дигиталних технологија у очувању природних ресурса и одрживом развоју. Концепт отворене науке, који полако заживљава и на нашим просторима, требао би допринијети јачању истраживања и у овој области.

Знајући да дигитална трансформација не подразумијева само усвајање дигиталних технологија за трансформисање производних процеса или услуга, већ и увођење нових и иновативних рјешења, неопходан је научни и институционални тимски рад, ангажовање заинтересованих страна јавности, као и свеобухватна, интегрисана, експлицитна, отворена и одговорна политика одрживог развоја. Преглед дигиталних технологија које се користе у очувању природних ресурса и одрживом развоју, као и приказ најновијих истраживања који су дати у овом поглављу, могу да послуже као подстицај за њихову већу примјену и у Републици Српској.

Литература

- Adão T, Hruška J, Pádua L, Bessa J, Peres E, Morais R, Sousa JJ (2017) Hyperspectral imaging: A review on UAV-based sensors, data processing and applications for agriculture and forestry. *Remote Sensing*, 9(11):1110
- Adhya S, Saha D, Das A, Jana J, Saha H (2016) An IoT based smart solar photovoltaic remote monitoring and control unit. In 2016 2nd international conference on control, instrumentation, energy & communication IEEE. (CIEC) pp 432-436
- Adu-Manu KS, Tapparello C, Heinzelman W, Katsriku FA, Abdulai JD (2017) Water quality monitoring using wireless sensor networks: Current trends and future research directions. *ACM Transactions on Sensor Networks (TOSN)*, 13(1):1-41
- Akyildiz IF, Vuran MC (2010) *Wireless sensor networks (Vol. 4)*. John Wiley & Sons.
- Akyildiz IF, Su W, Sankarasubramaniam Y, Cayirci E (2002) *Wireless sensor networks: a survey*. *Computer networks*, 38(4):393-422
- Alamri A, Ansari W S, Hassan M M, Hossain M S, Alelaiwi A, Hossain MA (2013) A survey on sensor-cloud: architecture, applications, and approaches. *International Journal of Distributed Sensor Networks* 9(2):917923.
- Albini A, Rajnai Z (2018) General Architecture of Cloud. *Procedia Manufacturing* 22:485-490
- Almeida DRAD, Stark SC, Chazdon R, Nelson BW, César RG, Meli P, Brancalion PHS (2019) The effectiveness of lidar remote sensing for monitoring forest cover attributes and landscape restoration. *Forest Ecology and Management* 438:34-43
- Al-Turjman F (2017) *Cognitive sensors and IoT: architecture, deployment, and data delivery*. CRC Press
- Anderson JR (1976) *A land use and land cover classification system for use with remote sensor data (Vol. 964)*. US Government Printing Office
- Andronie M, Lăzăroiu G, Iatagan M, Hurloiu I, Dijmărescu I (2021) Sustainable Cyber-Physical Production Systems in Big Data-Driven Smart Urban Economy: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 13(2):751
- Ang F, Gabriel MKAR, Sy J, Tan JJO, Abad AC (2013) Automated waste sorter with mobile robot delivery waste system. In De La Salle University Research Congress pp 7-9
- Anwar S, Hamilton J (2005) *Tourism into the Future—Towards 2020, and Beyond*. *Tourism Recreation Research*, 30(3):77-85
- Arkarjun (2013) File:Remote Sensing Illustration.jpg, https://en.wikipedia.org/wiki/File:Remote_Sensing_Illustration.jpg
- Arsalaan AS, Nguyen H, Coyle A, Fida M (2021) Quality of information with minimum requirements for emergency communications. *Ad Hoc Networks*, 111:102331.
- Ashraf MA, Maah MJ, Yusoff I (2011) Introduction to remote sensing of biomass. In *Biomass and remote sensing of biomass IntechOpen*. pp 129-17

- Аутоматска хидролошка станица Делибашино Село – Врбас (2022). Делибашино Село Врбас, водостај(cm)., 21.3.2022,
http://81.93.72.16/dist/examples/ahsDelSelo_vodostaj.php
- Avramovic A, Pilipovic R, Stojnic V, Jovanovic V, Ševo I, Simic M, Babic Z (2018) Honeybee video-tracking for explosive detection. *www. mine. Vlada. hr*, p 45
- Avramović A, Risojević V (2016) Block-based semantic classification of high-resolution multispectral aerial images. *Signal, Image and Video Processing*, 10(1):75-84.
- Avramović A, Jovanović V, Pilipović R, Stojnić V, Risojević V, Gajić S, Filipi J (2018). Automatic monitoring of honeybees' activity outside of the hive from UHD video. In 2018 14th Symposium on Neural Networks and Applications (NEUREL) IEEE pp 1-4
- Ayaz M, Ammad-Uddin M, Sharif Z., Mansour A, Aggoune EHM (2019) Internet-of-Things (IoT)-based smart agriculture: Toward making the fields talk. *IEEE Access* 7:129551-129583
- Babić Z, Jovanović V (2022) Dronovi u poljoprivredi Poglavlje u "Priručnik za edukatore o primeni odabranih tehnoloških hardversko-softverskih rešenja u poljoprivredi: robotika, GIS, upotreba dronova, IoT, mobilne aplikacije "Urednici Miljan Cvetković i Radovan Stojanović. Western Balkans Institute WEBIN, 2022, Beograd. " pp 114-146
- Babic Z (2018) Signal processing challenges in biohybrid system design. In 2018 7th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (Trends and Future Directions)(ICRITO) IEEE pp 1-5
- Babic Z, Pilipovic R, Risojevic V, & Mirjanic G (2016) Pollen bearing honey bee detection in hive entrance video recorded by remote embedded system for pollination monitoring. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 3:51
- Бајић Д (2016) Геопортал. Пројекат: Интегрисање климатских промјена у смањење ризика од поплава у сливу ријеке Врбас, UNDP 19.4.2021.
<http://vrb.pmfbl.org/>
- Beck A (2021) File:Mono multi and hyperspectral, 19.4.2021.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mono_multi_and_hyperspectral.svg
- Bergen KM, Goetz SJ, Dubayah RO, Henebry GM, Hunsaker CT, Imhoff ML, Radeloff VC (2009) Remote sensing of vegetation 3-D structure for biodiversity and habitat: Review and implications for lidar and radar spaceborne missions. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 114(G2)
- Botta A, De Donato W, Persico V, Pescapé A (2016) Integration of cloud computing and internet of things: a survey. *Future generation computer systems*, 56:684-700.

- Boubiche S, Boubiche DE, Bilami A, Toral-Cruz H (2018) Big data challenges and data aggregation strategies in wireless sensor networks. *IEEE access*, 6:20558-20571
- Brandmeier M, Zamora IGC, Nykänen V, Middleton M (2020) Boosting for mineral prospectivity modeling: A new GIS toolbox. *Natural Resources Research*, 29(1):71-88
- Bruckner D, Zeilinger H, Dietrich D (2011) Cognitive automation—Survey of novel artificial general intelligence methods for the automation of human technical environments. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 8(2):206-215.
- Brundtland GH, Khalid M, Agnelli S, Al-Athel S, Chidzero BJNY (1987) Our common future. New York p 8
- Burđić N (2019) Segmentacija aero snimaka. Diplomski rad. Univerzitet u Banjoj Luci, Elektrotehnički fakultet.
- Buss DM (2004) *Evolutionary Psychology: The New Science of the Mind*, Allyn and Bacon, Boston, Mass.
- Callaghan CT, Major RE, Lyons MB, Martin JM, Kingsford RT (2018) The effects of local and landscape habitat attributes on bird diversity in urban greenspaces. *Ecosphere*, 9(7):e02347
- Castillo-Effer M, Quintela DH, Moreno W, Jordan R, Westhoff W (2004) Wireless sensor networks for flash-flood alerting. In *Proceedings of the Fifth IEEE International Caracas Conference on Devices, Circuits and Systems, 2004*. IEEE. Vol. 1, pp 142-146
- Chau KW (2006) A review on integration of artificial intelligence into water quality modelling. *Marine pollution bulletin*, 52(7):726-733
- Chen B, Xiao X, Li X, Pan L, Doughty R, Ma J, Giri C (2017) A mangrove forest map of China in 2015: Analysis of time series Landsat 7/8 and Sentinel-1A imagery in Google Earth Engine cloud computing platform. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 131:104-120
- Chen H, Chen A, Xu L, Xie H, Qiao H, Lin Q, Cai K (2020) A deep learning CNN architecture applied in smart near-infrared analysis of water pollution for agricultural irrigation resources. *Agricultural Water Management* 240:106303
- Chong S, Chen Z, Huiqin F, Jian H (2002) Analysis of development trend of computer monitoring and control technology for hydropower plants [J]. *Dam Observation and Geotechnical Tests* p 6
- Chowdury MSU, Emran TB, Ghosh S, Pathak A, Alam MM, Absar N, Hossain MS (2019) IoT based real-time river water quality monitoring system. *Procedia Computer Science*, 155:161-168
- Cica D, Sredanovic B, Tesic S, Kramar D (2020) Predictive modeling of turning operations under different cooling/lubricating conditions for sustainable manufacturing with machine learning techniques. *Applied Computing and Informatics*.

- Cilulko J, Janiszewski P, Bogdaszewski M, Szczygielska E (2013) Infrared thermal imaging in studies of wild animals. *European Journal of Wildlife Research*, 59(1):17-23.
- Colbaugh R, Jamshidi M (1992) Robot manipulator control for hazardous waste-handling applications. *Journal of Robotic Systems*, 9(2):215-250
- Coltin B, McMichael S, Smith T, Fong T (2016) Automatic boosted flood mapping from satellite data. *International Journal of Remote Sensing*, 37(5):993-1015.
- Connors JP, Lei S, Kelly M (2012) Citizen science in the age of neogeography: Utilizing volunteered geographic information for environmental monitoring. *Annals of the Association of American Geographers*, 102(6):1267-1289
- Cortès U, Sánchez-Marrè M, Ceccaroni L, R-Roda I, Poch M (2000) Artificial intelligence and environmental decision support systems. *Applied intelligence*, 13(1):77-91
- Costa JM, Grant OM, Chaves MM (2013) Thermography to explore plant–environment interactions. *Journal of experimental botany*, 64(13):3937-3949.
- Čustović H, Misilo M, Marković M (2014) Water balance of Mediterranean karst soil in Bosnia and Herzegovina as a water conservation and erosion control factor. *Soil Science and Plant Nutrition*, 60(1):100-107
- Delicato FC, Pires PF, Batista T, Cavalcante E, Costa B, Barros T (2013) Towards an IoT ecosystem. In *Proceedings of the First International Workshop on Software Engineering for Systems-of-Systems* pp. 25-28
- Deng F, Zuo P, Wen K, Wu X (2020) Novel soil environment monitoring system based on RFID sensor and LoRa. *Computers and Electronics in Agriculture*, 169:105169
- Dobrnjac M, Hodžić A, Dobrnjac S, Dobrnjac D (2017). The new solution of the substance flow system in the steam distillation process of essential oil. *Innovations*, 5(3):153-155
- Drennan-Stevenson K (2019) Real-world implementation of cyber-physical production systems in smart manufacturing: Cognitive automation, industrial processes assisted by data analytics, and sustainable value creation networks. *Journal of Self-Governance and Management Economics*, 7(3):14-20
- Dumonjić-Milovanović RS, Gvero P, Milovanović ZN (2016) Optimization of hybrid system based on energy of the sun and wind on Banjaluka region. *Power Plants*.
- Elijah O, Rahman TA, Orikumhi I, Leow CY, Hindia MN (2018) An overview of Internet of Things (IoT) and data analytics in agriculture: Benefits and challenges. *IEEE Internet of Things Journal*, 5(5):3758-3773
- Eskov EK, Toboev VA (2011) Seasonal dynamics of thermal processes in aggregations of wintering honey bees (*Apis mellifera*, Hymenoptera, Apidae). *Entomol. Rev.* 91:334–359
- European Commission (2019) The European green deal. Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council,

- the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Brussels.
- European Space Agency (2017) Vojvodina, Serbia. 19.4.2021, <https://www.flickr.com/photos/europeanspaceagency/33075751813/in/photostream/>
- European Space Agency (2021) <https://www.flickr.com/photos/europeanspaceagency/33075751813/in/photostream/>, preuzeto 19.04.2021
- Faggella D (2017) What Is Artificial Intelligence? An Informed Definition. Tech Emergence
- Fang F, Tambe M, Dilkina B, Plumptre AJ (Eds.) (2019) Artificial intelligence and conservation. Cambridge University Press
- Filipi J, Stojnić V, Muštra M, Gillanders RN, Jovanović V, Gajić S, Turnbull GA, Babić Z, Risojević V (2022) Honeybee-based biohybrid system for landmine detection. *Science of the Total Environment*, 803:150041
- Fischer C, Kakoulli I (2006) Multispectral and hyperspectral imaging technologies in conservation: current research and potential applications. *Studies in Conservation*, 51(sup1):3-16
- Furstenau LB, Sott MK, Kipper LM, Machado EL, Lopez-Robles JR, Dohan MS, Imran MA (2020) Link between sustainability and industry 4.0: trends, challenges and new perspectives. *Ieee Access* 8:140079-140096
- Gardašević G, Fotouhi H, Tomasic I, Vahabi M, Björkman M, Lindén M (2017a) A heterogeneous IoT-based architecture for remote monitoring of physiological and environmental parameters. In *International Conference on IoT Technologies for HealthCare* Springer, Cham pp 48-53
- Gardašević G, Veletić M, Maletić N, Vasiljević D, Radusinović I, Tomović S, Radonjić M (2017b) The IoT architectural framework, design issues and application domains. *Wireless personal communications* 92(1):127-148
- Geange SR, von Oppen J, Strydom T, Boakye M, Gauthier TLJ, Gya R, Vandvik V (2020) Next-generation field courses: Integrating Open Science and online learning. *Ecology and Evolution*.
- Gholizadeh MH, Melesse AM, Reddi L (2016) A comprehensive review on water quality parameters estimation using remote sensing techniques. *Sensors* 16(8):1298
- Gillanders RN, Glackin JM, Babić Z, Muštra M, Simić M, Kezić N, Filipi J (2021) Biomonitoring for wide area surveying in landmine detection using honeybees and optical sensing. *Chemosphere* 273:129646
- Glória A, Dionisio C, Simões G, Cardoso J, Sebastião P (2020) Water management for sustainable irrigation systems using internet-of-things. *Sensors*, 20(5):1402
- Glynn PD (2014) W(h)ither the Oracle? Cognitive biases and other human challenges of integrated environmental modeling, in 7th Intl. Congress on Env. Modelling

- and Software, edited by DP Ames, NW T Quinn and AE Rizzoli Int. Environ. Modell. Softw. Soc., San Diego, Calif pp 8
- Glynn PD (2015) Integrated environmental modelling: Human decisions, human challenges, in Integrated Environmental Modelling to Solve Real World Problems: Methods, Vision and Challenges, edited by AT Riddick, H Kessler, and JRA Giles, Geol. Soc. London, London, U. K. vol. 408
- Glynn PD, Voinov, AA, Shapiro CD, White PA (2017) From data to decisions: Processing information, biases, and beliefs for improved management of natural resources and environments. *Earth's Future*, 5(4):356-378
- Gomes T, Tapolcai J, Esposito C, Hutchison D, Kuipers F, Rak J, Tornatore M (2016). A survey of strategies for communication networks to protect against large-scale natural disasters. In 2016 8th international workshop on resilient networks design and modeling (RNDM) IEEE pp 11-22
- Gonzalez LF, Montes GA, Puig E, Johnson S, Mengersen K, Gaston KJ (2016) Unmanned aerial vehicles (UAVs) and artificial intelligence revolutionizing wildlife monitoring and conservation. *Sensors*, 16(1):97
- Gorelick N, Hancher M, Dixon M, Ilyushchenko S, Thau D, Moore R (2017) Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote sensing of Environment*, 202:18-27
- Gorman MR, Dzombak DA (2018) A review of sustainable mining and resource management: Transitioning from the life cycle of the mine to the life cycle of the mineral. *Resources, Conservation and Recycling*, 137:281-291
- Gvero PM, Tica GS, Petrović SI, Papuga SV, Jakšić BM, Roljić LM (2010) Renewable energy sources and their potential role in mitigation of climate changes and as a sustainable development driver in Bosnia and Herzegovina. *Thermal Science* 14(3):641-654
- Hajjaji Y, Boulila W, Farah IR, Romdhani I, Hussain A (2021) Big data and IoT-based applications in smart environments: A systematic review. *Computer Science Review*, 39:100318.
- Haklay M (2013) Neogeography and the delusion of democratisation. *Environment and Planning A* 45(1) 55-69
- Hansen MC, Potapov PV, Moore R, Hancher M, Turubanova SA, Tyukavina A, Townshend J (2013) High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *science* 342(6160):850-853
- Hart JK, Martinez K (2006) "Environmental Sensor Networks: A revolution in the earth system science?", *Earth-Science Reviews*, Archived 2015-11-23 at the Wayback Machine
- Hart, JK, Martinez K (2015) "Toward an environmental Internet of Things". *Earth & Space Science* (5):194–200
- Hiltunen V, Kurttila M, Leskinen P, Pasanen K, Pykäläinen J (2009) Mesta: An internet-based decision-support application for participatory strategic-level natural resources planning. *Forest Policy and Economics*, 11(1):1-9

- Hudak AT, Evans JS, Stuart Smith, AM (2009) LiDAR utility for natural resource managers. *Remote Sensing*, 1(4):934-951
- Huete AR (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote sensing of environment*, 25(3):295-309
- Hunt Jr ER, Doraiswamy PC, McMurtrey JE, Daughtry CS, Perry EM, Akhmedov B (2013) A visible band index for remote sensing leaf chlorophyll content at the canopy scale. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 21:103-112
- Huntington JL, Hegewisch KC, Daudert B, Morton CG, Abatzoglou JT, McEvoy DJ, Erickson T (2017) Climate engine: Cloud computing and visualization of climate and remote sensing data for advanced natural resource monitoring and process understanding. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 98(11):2397-2410
- International Sava River Basin Commission (2015) Sava HIS Real-time Data. Project: Sava HIS, ICPDR, Finish Meteorological Institute and ISRBC, 19.4.2021. <http://savahis.org/his>,
- Ireson A, Makropoulos C, Maksimovic C (2006) Water resources modelling under data scarcity: coupling MIKE BASIN and ASM groundwater model. *Water resources management*, 20(4):567-590
- Jaiswal RK, Mukherjee S, Raju KD, Saxena R (2002) Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 4(1):1-10.
- Jensen JR (2009) *Remote sensing of the environment: An earth resource perspective 2/e*. Pearson Education India.
- Jha K, Doshi A, Patel P, Shah M (2019) A comprehensive review on automation in agriculture using artificial intelligence. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 2:1-12
- Jiandong M, Wenqi N, Hongyan W, Zhang B, Zhen C, Zhen G, Xin G (2020) A Agricultural Spraying and Fertilization Robot based on Visual Navigation. In 2020 15th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA) IEEE. pp 586-591
- Jovanović V, Risojević V, Babić Z, Svendsen E, Stahl A (2016) Splash detection in surveillance videos of offshore fish production plants. In 2016 International Conference on Systems, Signals and Image Processing IEEE. (IWSSIP) pp 1-4
- Jovanović V, Svendsen E, Risojević V, Babić Z (2018) Splash detection in fish Plants surveillance videos using deep learning. In 2018 14th Symposium on Neural Networks and Applications (NEUREL) IEEE. pp 1-5
- JY “Воде Српске” (2021) Корисничко окружење водног информационог система, 19.4.2021. https://rvisportal.voders.org/RBM_FRM_ETW/GIS_RBM/
- Kabir Y, Mohsin YM, Khan MM (2017) Automated power factor correction and energy monitoring system. In 2017 Second International Conference on Electrical, Computer and Communication Technologies (ICECCT) IEEE. pp 1-5

- Kahneman D (2011) *Thinking Fast and Slow*, Farrar, Straus and Giroux, New York.
- Kamble SS, Gunasekaran A, Gawankar SA (2018) Sustainable Industry 4.0 framework: A systematic literature review identifying the current trends and future perspectives. *Process Safety and Environmental Protection*, 117:408-425
- Kamilaris A, Kartakoullis A, Prenafeta-Boldú FX (2017) A review on the practice of big data analysis in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture* 143: 23-37
- Kandris D, Nakas C, Vomvas D, Koulouras G (2020) Applications of wireless sensor networks: an up-to-date survey. *Applied System Innovation*, 3(1):14
- Kanga S, Singh SK (2017) Forest Fire Simulation Modeling using Remote Sensing & GIS. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, 8(5)
- Kangas J, Store R (2003) Internet and teledemocracy in participatory planning of natural resources management. *Landscape and urban planning*, 62(2):89-101
- Kardaš D, Bogdan D (2017) Biomass and waste water as sustainable energy sources. *Industry 4.0*, 2(1):29-33
- Kardaš D, Knežević B, Pupčević M (2020) An experimental study on energy generation from photovoltaic-thermal hybrid systems. *Industry 4.0*, 5(2):76-78
- Kaštelan-Macan M, Ahel M, Horvat AJ, Jabučar D, Jovančić P (2007) Water resources and waste water management in Bosnia and Herzegovina, Croatia and the State Union of Serbia and Montenegro. *Water Policy*, 9(3):319-343.
- Kezić N, Babić Z, Filipi J, Turnbull G, Gillanders R, Glackin J, Pavković N (2018) Bees for explosive detection. In *Proceedings of 15th International Symposium Mine Action* pp 9-12
- Khanna A, Kaur S (2019) Evolution of Internet of Things (IoT) and its significant impact in the field of Precision Agriculture. *Computers and electronics in agriculture*, 157:218-231
- Khanna M, Swinton SM, Messer KD (2018) Sustaining our natural resources in the face of increasing societal demands on agriculture: directions for future research. *Applied Economic Perspectives and Policy* 40(1):38-59
- Kim PA, Kalantaev PA, Pyatkin VP (2015) Cloud multiagent system for the database of natural resources. *Pattern Recognition and Image Analysis*, 25(2):220-222
- Kim YJ, Lee DK, Kim CK (2020) Spatial tradeoff between biodiversity and nature-based tourism: Considering Mobile Phone-Driven Visitation Pattern. *Global Ecology and Conservation* 21:e00899
- Kim Y, Kim CK, Lee DK, Lee HW, Andrada RIT (2019) Quantifying nature-based tourism in protected areas in developing countries by using social big data. *Tourism Management* 72:249-256
- Knipling EB (1970) Physical and physiological basis for the reflectance of visible and near-infrared radiation from vegetation. *Remote sensing of environment*1(3): 155-159.
- Köhl M, Magnussen SS, Marchetti M (2006) *Sampling methods, remote sensing and GIS multiresource forest inventory*. Springer Science & Business Media.

- Kondratyev KY, Pozdnyakov DV, Pettersson LH (1998) Water quality remote sensing in the visible spectrum. *International Journal of Remote Sensing* 19(5):957-979.
- Košarac A, Romić D, Orašanić G, Blagojević J (2018) Optimization of Water Supply System Using Software EPANET 2.0. In *International Conference "New Technologies, Development and Applications"* Springer Cham pp 443-451
- Krieger G, Moreira A, Fiedler H, Hajnsek, Werner M, Younis M, Zink M (2007) TanDEM-X: A satellite formation for high-resolution SAR interferometry. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 45(11):3317-3341
- Kuenzer C, Dech S (Eds.) (2013) *Thermal infrared remote sensing: sensors, methods, applications (Vol. 17)*. Springer Science & Business Media
- Lefsky MA, Cohen WB, Parker GG, Harding DJ (2002) Lidar remote sensing for ecosystem studies: Lidar, an emerging remote sensing technology that directly measures the three-dimensional distribution of plant canopies, can accurately estimate vegetation structural attributes and should be of particular interest to forest, landscape, and global ecologists. *BioScience* 52(1):19-30
- Levine J, Chan KMA, Satterfield T (2015) From rational actor to efficient complexity manager: Exorcising the ghost of Homo economicus with a unified synthesis of cognition research, *Ecol. Econ.* 114:22–32
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.03.010>.
- Li S, Da Xu L, Zhao S (2015) The internet of things: a survey. *Information Systems Frontiers* 17(2):243-259
- Lim K, Treitz P, Wulder M, St-Onge B, Flood M (2003) LiDAR remote sensing of forest structure. *Progress in physical geography* 27(1):88-106
- Lobell DB, Thau D, Seifert C, Engle E, Little B (2015) A scalable satellite-based crop yield mapper. *Remote Sensing of Environment* 164:324-333
- Lobo FDL, Souza-Filho PWM, Novo EMLDM, Carlos FM, Barbosa CCF (2018) Mapping mining areas in the Brazilian Amazon using MSI/Sentinel-2 imagery (2017). *Remote Sensing* 10(8):1178
- Lu B, Dao PD, Liu J, He Y, Shang J (2020) Recent advances of hyperspectral imaging technology and applications in agriculture. *Remote Sensing*, 12(16):2659
- Ljubojević M, Simić M, Babić Z, Zorić M (2016) Quality of life context influence factors improvement using houseplants and internet of things. In *2016 IEEE International Black Sea Conference on Communications and Networking (BlackSeaCom)* IEEE. pp 1-5
- Magiera E, Froelich W (2014) Integrated support system for efficient water usage and resources management (ISS-EWATUS). *Procedia Engineering* 89:1066-1072
- Maksimović M (2018) Greening the future: Green Internet of Things (G-IoT) as a key technological enabler of sustainable development. In *Internet of things and*

- big data analytics toward next-generation intelligence Springer, Cham pp 283-313
- Maksimović M, Omanović-Miklićanin E (2017) Green internet of things and green nanotechnology role in realizing smart and sustainable agriculture. In VIII international scientific agriculture symposium "AGROSYM 2017 pp 2290-2295
- Maksimović M, Omanović-Miklićanin E, Badnjević A (2019a) How Technology Can Help?. In Nanofood and Internet of Nano Things Springer, Cham pp 9-86
- Maksimović M, Omanović-Miklićanin E, Badnjević A (2019b) Nanofood and Internet of Nano Things. Springer International Publishing.
- Malbašić VM, Milošević DD, Čelebić MZ (2019a) Management model for discontinuous exploitation system applied on open pit "Bogutovo Selo", Ugljevik. Tehnika 74(2):205-213
- Malbašić V, Milošević D, Čelebić M (2019b) Management model for discontinuous system on surface mines. Arhiv za tehničke nauke/Archives for technical science, 1(20)
- Malczewski J (2004) GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview. Progress in planning 62(1):3-65.
- Markovic M et al. (2006): The Basis for Agricultural Land Protection, Use and Restructuring city Banja Luka (B&H)
- Markovic M et al. (2020) The Basis for Agricultural Land Protection, Use and Restructuring city Doboј (B&H)
- Mataruga M, Ballian D, Terzić R, Daničić V, Cvjetković B (2019) State of Forests in Bosnia and Herzegovina: Ecological and Vegetation Distribution, Management and Genetic Variability. In Forests of Southeast Europe Under a Changing Climate Springer, Cham pp 3-19
- Mataruga M, Haase DL, Isajev V (2010) Dynamics of seed imbibition and germination of Austrian pine (*Pinus nigra* Arnold) from extreme habitat conditions within five Balkan provenances. New forests 40(2):229-242
- Maunaga Z, Dukić V (2014) Analysis and evaluation of forest management: a critical review of the forest management plans. Glasnik Šumarskog Fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci (21):87-107.
- McCarthy J, Minsky ML, Rochester N, Shannon CE (2006) A proposal for the dartmouth summer research project on artificial intelligence, august 31, 1955. AI magazine 27(4):12-12.
- McCarthy J, Minsky ML, Rochester N, Shannon CE (2018) A proposal for the Dartmouth summer research project on artificial intelligence (1955). Reprinted online at <http://www-formal.stanford.edu/jmc/history/dartmouth/dartmouth.html>.
- McCune B, Mefford MJ (2006) PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data. Version 5. MjM Software, Gleneden Beach, Ore
- Mehmetaj I, Bratko D, Caushi T, Qoku K (2019) Forest fire risk mapping in terms of wildfire ignition probability and wildfire spreading capacity: case of Banja Luka

- Mehrotra P (2016) Biosensors and their applications—A review. *Journal of oral biology and craniofacial research* 6(2):153-159
- Meng Z, Li Z (2016) RFID Tag as a Sensor—a review on the innovative designs and applications. *Measurement science review* 16(6):305-315
- Meola C, Carlomagno GM (2004) Recent advances in the use of infrared thermography. *Measurement science and technology* 15(9):R27
- Merwade V, Cook A, Coonrod J (2008) GIS techniques for creating river terrain models for hydrodynamic modeling and flood inundation mapping. *Environmental Modelling Software* 23(10-11):1300-1311
- Miguel EP, Mota FICM T&eo SJ, Nascimento RGM, Leal FIA, Pereira RSE, Rezende AVE (2016) Artificial intelligence tools in predicting the volume of trees within a forest stand. *African Journal of Agricultural Research* 11(21):1914-1923
- Mijić D, Vico G, Ljubojević M (2021) Digitalization of Agriculture in Bosnia and Herzegovina: Current State and Examples of Good Practice. In 2021 20th International Symposium INFOTEH-JAHORINA (INFOTEH).
- Milošević M, Lukić D, Borojević S, Antić A, Đurđev M (2019) A cloud-based process planning system in industry 4.0 framework. In International Conference on the Industry 4.0 model for Advanced Manufacturing Springer, Cham pp 202-211
- Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде Републике Српске. (2018). CARPO. Пројекат: CARPO, UNDP, <https://carpo.farm/>, преузето 19.4.2021.
- Ministarstvo vanjske trgovine i ekonomskih odnosa BiH i UNDP BiH (2002) Procjena održivog razvoja u Bosni i Hercegovini – Izvještaj BiH za Svjetski samit o održivom razvoju (WSSD), Projekt pripreme Bosne i Hercegovine za učešće na Svjetskom samitu o održivom razvoju Rio+10, Johannesburg, p: 1-28
- Mitchell P (2017) The emergence of neogeography. *The Routledge Handbook of Literature and Space* p 85
- Mitchell R, Michalski J, Carbonell T (2013) An artificial intelligence approach. Berlin: Springer
- Moreira A, Prats-Iraola P, Younis M, Krieger G, Hajnsek I, Papathanassiou KP (2013) A tutorial on synthetic aperture radar. *IEEE Geoscience and remote sensing magazine* 1(1):6-43
- Motta R, Berretti R, Castagneri D, Dukić V, Garbarino M, Govedar Z, Meloni F (2011) Toward a definition of the range of variability of central European mixed Fagus–Abies–Picea forests: the nearly steady-state forest of Lom (Bosnia and Herzegovina). *Canadian Journal of Forest Research*, 41(9):1871-1884
- NASA's Goddard Space Flight Center (2018) Amazon Canopy Comes to Life through Laser Data. 10.4.2022. https://svs.gsfc.nasa.gov/vis/a010000/a012900/a012982/Amazon_lidar_2018_final.00150_print.jpg, 10.4.2021. <https://carpo.farm/>

- Nishant R, Kennedy M, Corbett J (2020) Artificial intelligence for sustainability: Challenges, opportunities, and a research agenda. *International Journal of Information Management*, 53, 102104.
- Nogueira AC, Binotto A, Mantripragada K, Tizzei LP, Sultanum N, Netto MA (2014) Challenges and Opportunities for HPC Cloud in Natural Resources. In *SPE Large Scale Computing and Big Data Challenges in Reservoir Simulation Conference and Exhibition*. Society of Petroleum Engineers.
- Osborne JL, Smith A, Clark SJ, Reynolds DR, Barron MC, Lim KS, Reynolds AM (2013) The ontogeny of bumblebee flight trajectories: from naïve explorers to experienced foragers. *Plos one*, 8(11), e78681.
- Österblom H, Scheffer M, Westley FR, van Esso ML, Miller J, Bascompte J (2015) A message from magic to science: Seeing how the brain can be tricked may strengthen our thinking. *Ecol. Soc.*, 20(4), 2–5. <https://doi.org/10.5751/es-07943-200416>.
- Park, J., & Park, K. (2020) Construction of a remote monitoring system in smart dust environment. *Journal of Information Processing Systems*, 16(3), 733-741.
- Parks SA, Holsinger LM, Voss MA, Loehman RA, & Robinson NP (2018) Mean composite fire severity metrics computed with Google Earth Engine offer improved accuracy and expanded mapping potential. *Remote Sensing*, 10(6), 879.
- Pecelj M, Pecelj MR, Mandić D, Pecelj J, Milinčić M, Tošić D (2010) Informational Technology in Bioclimate analysis of Banja Luka for tourism recreation. In *9th WSEAS International Conference on Telecommunication and Informatics*, University of Catania, Sicily, Italy (pp. 35-39).
- Pei T, Sobolevsky S, Ratti C, Shaw SL, Li T, & Zhou C (2014) A new insight into land use classification based on aggregated mobile phone data. *International Journal of Geographical Information Science*, 28(9), 1988-2007.
- Pekel JF, Cottam A, Gorelick N, Belward AS (2016) High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. *Nature*, 540(7633), 418-422.
- Petković V, Potočnik I (2018) Planning forest road network in natural forest areas: a case study in northern Bosnia and Herzegovina. *Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering*, 39(1), 45-56.
- Pettorelli N (2019) *Satellite remote sensing and the management of natural resources*. Oxford University Press.
- Pilipović R, Risojević V, Babić Z, Mirjanić G (2016) Background subtraction for honey bee detection in hive entrance video.
- Popović D, Doljak D, Kuzmanović D, Pecelj M (2018) Geocological evaluation of protected area for recreation and tourism planning-the evidence from the Bosnia and Herzegovina national park. *Journal of the Geographical Institute "Jovan Cvijic"*, SASA, 68(1), 119-131.

- Porwal A, Carranza EJM (2015) Introduction to the Special Issue: GIS-based mineral potential modelling and geological data analyses for mineral exploration.
- Pretty J (2008) Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1491), 447-465.
- Quandt A, Herrick J, Peacock G, Salley S, Buni A, Mkalawa CC, & Neff J (2020) A standardized land capability classification system for land evaluation using mobile phone technology. *Journal of Soil and Water Conservation*, 75(5), 579-589.
- Rao NR (2015) Cloud Computing: An Enabler in Managing Natural Resources in a Country. In *Enterprise Management Strategies in the Era of Cloud Computing* (pp. 155-169). IGI Global.
- Републички хидрометеоролошки завод (2022). Подаци. <https://rhmrzr.com/hidrologija/podaci/>, преузето 21.3.2022.
- Републички завод за геолошка истраживања. (2020.) Геолошке карте Републике Српске. geozavodrs.com/download/android/download, преузето 13.3.2021.
- Reynolds KM, Twery M, Lexer MJ, Vacik H, Ray D, Shao G, Borges JG (2008) Decision support systems in forest management. In *Handbook on decision support systems* Springer, Berlin, Heidelberg. 2:499-533
- Richards JA (2009) *Remote sensing with imaging radar* (Vol. 1). Berlin: Springer.
- Risojević V, Babić Z (2011) Aerial image classification using structural texture similarity. In 2011 IEEE International Symposium on Signal Processing and Information Technology (ISSPIT) IEEE. pp 190-195
- Risojević V, Babić Z (2012) Fusion of global and local descriptors for remote sensing image classification. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters* 10(4):836-840
- Risojević V, Babić Z (2016) Unsupervised quaternion feature learning for remote sensing image classification. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* 9(4):1521-1531
- Risojević V, Momić S, Babić Z (2011) Gabor descriptors for aerial image classification. In *International Conference on Adaptive and Natural Computing Algorithms* Springer, Berlin, Heidelberg pp 51-60
- Rojas O, Vrieling A, Rembold F (2011) Assessing drought probability for agricultural areas in Africa with coarse resolution remote sensing imagery. *Remote sensing of Environment* 115(2):343-352
- Ruangpayoongsak N, Sumroengrit J, Leanglum M (2017, October) A floating waste scooper robot on water surface. In 2017 17th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS) IEEE. pp 1543-1548
- Russell S, Norvig P (2002) *Artificial intelligence: a modern approach*.
- Rwanga SS, Ndambuki JM (2017) Accuracy assessment of land use/land cover classification using remote sensing and GIS. *International Journal of Geosciences* 8(04):611

- Saah D, Johnson G, Ashmall B, Tondapu G, Tenneson K, Patterson M, Chishtie F (2019) Collect Earth: An online tool for systematic reference data collection in land cover and use applications. *Environmental Modelling & Software* 118:166-171
- Sagioglu S, Sinanc D (2013) Big data: A review. In 2013 international conference on collaboration technologies and systems (CTS) IEEE. pp 42-47
- Sakr GE, Elhajj IH, Mitri G, Wejinya UC (2010) Artificial intelligence for forest fire prediction. In 2010 IEEE/ASME international conference on advanced intelligent mechatronics IEEE. pp 1311-1316
- Salam A (2020a) Internet of things for sustainable forestry. In *Internet of Things for Sustainable Community Development* Springer, Cham pp 147-181
- Salam A (2020b) Internet of things for sustainable mining. In *Internet of Things for Sustainable Community Development* Springer, Cham pp 243-271
- Salo TJ, Palosuo T, Kersebaum KC, Nendel C, Angulo C, Ewert F, Rötter RP (2016) Comparing the performance of 11 crop simulation models in predicting yield response to nitrogen fertilization. *Journal of Agricultural Science* 154(7): 1218-1240.
- Saravanan K, Anusuya E, Kumar R (2018) Real-time water quality monitoring using Internet of Things in SCADA. *Environmental monitoring and assessment* 190(9):1-16
- Sarker MNI, Wu M, Chanthamith B, Ma C (2020b) Resilience Through Big Data: Natural Disaster Vulnerability Context. In *International Conference on Management Science and Engineering Management* Springer, Cham pp 105-118
- Sarker MNI, Yang B, Lv Y, Huq ME, Kamruzzaman MM (2020a) Climate change adaptation and resilience through big data. *Int J Adv Comput Sci Appl* 11(3): 533-539.
- Scheffer M, et al. (2015) Dual thinking for scientists, *Ecol. Soc.* 20(2):3 <https://doi.org/10.5751/es-07434-200203>
- Schwartz B (2004) *The Paradox of Choice*, HarperCollins, New York.
- Sela S, van Es HM, Moebius-Clune BN, Marjerison R, Moebius-Clune D, Schindelbeck, R, Young E (2017) Dynamic model improves agronomic and environmental outcomes for maize nitrogen management over static approach. *Journal of environmental quality* 46(2):311-319
- Sharma LK, Gupta R, Pandey PC (2021) Future Aspects and Potential of the Remote Sensing Technology to Meet the Natural Resource Needs. *Advances in Remote Sensing for Natural Resource Monitoring* pp 445-464
- Shenai K, Mukhopadhyay S (2008) Cognitive sensor networks. In 2008 26th International Conference on Microelectronics IEEE. pp 315-320
- Simić M, Gillanders R, Avramović A, Gajić S, Jovanović V, Stojnić V, Babić Z (2019, May) Honeybee Activity Monitoring in a Biohybrid System for Explosives

- Detection. In International Conference on Medical and Biological Engineering Springer, Cham pp 185-192
- Simić M, Manjakkal L, Zaraska K, Stojanović GM, Dahiya R (2016a) TiO 2-based thick film pH sensor. *IEEE Sensors Journal* 17(2):248-255
- Simić M, Stojanović GM, Manjakkal L, Zaraska K (2016b) Multi-sensor system for remote environmental (air and water) quality monitoring. In 2016 24th telecommunications forum (TELFOR) IEEE pp 1-4
- Simić M, Stojnić V, Starčević V, Babić Z, Filipi J (2020) Electronic System for Remote Monitoring of Environmental Parameters on a Bee Yard. In 2020 19th International Symposium INFOTEH-JAHORINA (INFOTEH) IEEE pp 1-5
- Solomun MK, Barger N, Cerda A, Keesstra S, Marković M (2018) Assessing land condition as a first step to achieving land degradation neutrality: A case study of the Republic of Srpska. *Environmental Science & Policy* 90:19-27
- Song M, Cen L, Zheng Z, Fisher R, Liang X, Wang Y, Huisigh D (2017) How would big data support societal development and environmental sustainability? Insights and practices. *Journal of Cleaner Production* 142:489-500
- Soulard CE, Albano CM, Villarreal ML, Walker JJ (2016) Continuous 1985–2012 Landsat monitoring to assess fire effects on meadows in Yosemite National Park, California. *Remote Sensing* 8(5):371
- Stanovich KE R West (2003) Evolutionary versus instrumental goals: How evolutionary psychology misconceives human rationality, in *Evolution and the Psychology of Thinking: The Debate*, edited by DE Over Psychol. Press, Hove, England (Series on Current Issues in Thinking and Reasoning) pp 171–223
- Stevović S, Đurić N, & Mirjanić S (2017) Contemporary Methods of Artificial Intelligence in the Function of Water Resources Management. *CONTEMPORARY MATERIALS* 8(2):144-156
- Stojnić V, Risojević V, Pilipović R (2018) Detection of pollen bearing honey bees in hive entrance images. In 2018 17th International Symposium INFOTEH-JAHORINA (INFOTEH) IEEE pp. 1-4
- Stojnić V, Risojević V, Muštra M, Jovanović V, Filipi J, Kezić N, Babić Z (2021) A Method for Detection of Small Moving Objects in UAV Videos. *Remote Sensing* 13(4):653
- Sustainable tourism. (2022). Tourism impacts. 11.4.2022. <https://sustainabletourism.net/>
- Tamiminia H, Salehi B, Mahdianpari M, Quackenbush L, Adeli S, Brisco B (2020) Google Earth Engine for geo-big data applications: A meta-analysis and systematic review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 164:152-170
- Tarannum N, Rhaman MK, Khan SA, Shakil SR (2015) A brief overview and systematic approach for using agricultural robot in developing countries. *Journal of Modern Science and Technology*, 3(1):88-101

- Tošić R, Kapović M, Lovrić N, Dragičević S (2013) Assessment of soil erosion potential using RUSLE and GIS: A case study of Bosnia and Herzegovina. *Fresenius Environmental Bulletin* 22(11a):3415-3423
- Townsend C, Arms S (2005) Wireless sensor networks. *MicroStrain, Inc*, 20(9): 15-21
- Travar J (2014) Digital-based greenery cadastre of the city Trebinje. *Glasnik Šumarskog Fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci* (20):41-61
- Trbic G, Bajic D, Djurdjevic V, Crnogorac C, Popov T, Dekic R, Rajcevic V (2016) The impact of climate change on the modification of bioclimatic conditions in Bosnia and Herzegovina. *International Journal of Education and Learning Systems*, 1
- Trbic G, Bajic D, Djurdjevic V, Ducic V, Cupac R, Markez Đ, Popov T (2018) Limits to adaptation on climate change in Bosnia and Herzegovina: insights and experiences. In *Limits to Climate Change Adaptation* Springer, Cham pp 245-259.
- Tung TM, Yaseen ZM (2020) A survey on river water quality modelling using artificial intelligence models: 2000–2020. *Journal of Hydrology* 585:124670.
- Tziortzioti C, Andreetti G, Rodinò L, Mavrommati I, Vitaletti A, Chatzigiannakis I (2018) Raising awareness for water pollution based on game activities using internet of things. In *European Conference on Ambient Intelligence* Springer, Cham pp 171-187
- Uddin K, Matin MA, Meyer FJ (2019) Operational flood mapping using multi-temporal sentinel-1 SAR images: a case study from Bangladesh. *Remote Sensing*, 11(13):1581
- Van Lynden GW, Mantel S (2001) The role of GIS and remote sensing in land degradation assessment and conservation mapping: some user experiences and expectations. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 3(1):61-68
- Van Heeringen KJ (2018) Final Report - Sava Flood Forecasting and Warning System. Project: 1220579-000, World Bank, Deltares.
- Vasković S, Halilović V, Gvero P, Medaković V, Musić J (2015) Multi-criteria optimization concept for the selection of optimal solid fuels supply chain from wooden biomass. *Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering* 36(1):109-123
- Vaško Ž, Vaško B (2018) Tourism Promotion through the Web by Tourism Organizations and Boards in Bosnia and Herzegovina. In *TISC-Tourism International Scientific Conference Vrnjačka Banja Vol.3No.1*:203-220
- Vico G, Mijic D, Bodiroga R(2017) Using Business Intelligence for Data Analysis and Decision Support in Agriculture
- Влада Републике Српске (2008) Стратегија заштите природе Републике Српске.
- Влада Републике Српске (2009) Основа заштите, коришћења и уређења пољопривредног земљишта Републике Српске као компоненте процеса планирања коришћења земљишта.

- Влада Републике Српске (2015) Стратегија интегралног управљања водама Републике Српске 2015-2024 године.
- Voinov AR, Seppelt S, Reis JEMS, Nabel, S, Shokravi (2014) Values in socio-environmental modelling: Persuasion for action or excuse for inaction, *Environ. Model. Softw.* 53:207–212
<https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2013.12.005>.
- Wang G, Weng Q (Eds.) (2013) Remote sensing of natural resources. CRC Press.
- Wang P, Yao J, Wang G, Hao F, Shrestha S, Xue B, Peng Y (2019b) Exploring the application of artificial intelligence technology for identification of water pollution characteristics and tracing the source of water quality pollutants. *Science of the Total Environment* 693:133440.
- Wang X, Xie H (2018) A review on applications of remote sensing and geographic information systems (GIS) in water resources and flood risk management. *Water* 10(5): 608
- Wang Y, Ma J, Xiao X, Wang X, Dai S, Zhao B (2019a) Long-term dynamic of poyang lake surface water: a mapping work based on the Google earth engine cloud platform. *Remote Sensing* 11(3): 313
- World Business Council for Sustainable Development (2005) Water: Facts and trends. <https://www.wbcsd.org/Programs/Food-and-Nature/Water/Resources/Water-Facts-and-trends>, поцеђено 13.3.2021.
- Waterman D (1985) A guide to expert systems. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.
- Weersink A, Fraser E, Pannell D, Duncan E, Rotz S (2018) Opportunities and challenges for big data in agricultural and environmental analysis. *Annual Review of Resource Economics* 10:19-37
- Wilson JS (2005) Sensor Technology Handbook/Jon S. Wilson
- Wright JR, Wiggins LL, Jain RK, Kim TJ (Eds.) (2012) Expert systems in environmental planning. Springer Science & Business Media.
- Wulder MA, Bater CW, Coops NC, Hilker T, White JC (2008a) The role of LiDAR in sustainable forest management. *The Forestry Chronicle* 84(6): 807-826
- Wulder MA, White JC, Fournier RA, Luther JE, Magnussen S (2008b) Spatially explicit large area biomass estimation: three approaches using forest inventory and remotely sensed imagery in a GIS. *Sensors* 8(1): 529-560
- Yick J, Mukherjee B, Ghosal D (2008) Wireless sensor network survey. *Computer networks* 52(12):2292-2330
- Yu L, Wang N, Meng X (2005, September) Real-time forest fire detection with wireless sensor networks. In *Proceedings. 2005 International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, 2005*. Vol. 2: pp 1214-1217
- Zaher ASAE, McArthur SDJ, Infield DG, Patel Y (2009) Online wind turbine fault detection through automated SCADA data analysis. *Wind Energy: An*

- International Journal for Progress and Applications in Wind Power Conversion Technology 12(6):574-593
- Zambelli P, Lora C, Spinelli R, Tattoni C, Vitti A, Zatelli P, Ciolli M (2012) A GIS decision support system for regional forest management to assess biomass availability for renewable energy production. *Environmental Modelling & Software* 38:203-213
- Zavišić N, Đurić G, Bosančić B (2017) Morphological and Pomological Characteristics of Wild Pears in the Northwestern Part of the Bosnia and Herzegovina. *АГРОЗНАЊЕ* 18(4): 249-262
- Zeljковић Ћ, Mršić P, Erceg B (2019) Simulation-Based Energy Assessment of PV Systems Installed in an Urban Environment. In 2019 20th International Symposium on Power Electronics (Ee) IEEE pp 1-6
- Zeljковић Ћ, Mršić P, Erceg B, Lekić Đ, Kitić N, Matić P, Šoimošan TM (2020) A Monte Carlo Simulation Platform for Studying the Behavior of Wind-PV-Diesel-Battery Powered Mobile Telephony Base Stations. In 2020 International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems (PMAPS) IEEE. pp 1-6
- Zhang Q (2015) Precision Agriculture Technology for Crop Farming. CRC Press. pp 249–58 ISBN 9781482251081
- Zhu C, Leung VC, Wang K, Yang LT, Zhang, Y (2017a) Multi-method data delivery for green sensor-cloud. *IEEE Communications Magazine* 55(5):176-182
- Zhu Q, Wu J, Li X, Xiong B (2017b) China's regional natural resource allocation and utilization: a DEA-based approach in a big data environment. *Journal of Cleaner Production* 142: 809-818
- Zorić M, Cvejić S, Mladenović E, Jocić S, Babić Z, Jeromela AM, & Miladinović D (2020) Digital image analysis using FloCIA software for ornamental sunflower ray floret color evaluation. *Frontiers in Plant Science* p 11
- Zorić M, Simić M, Orlović S, Mladenović E, Babić Z (2019) Indoor Ecosystem Services: Impacts of Plants on Air Quality. *Contemporary Agriculture* 68(1-2):12-16

Digitalization in the conservation of natural resources and sustainable development

Zdenka Babić

Summary

Digitalization is the transformation of the processes of human activity into such a form that uses digital technologies. The aim of this chapter is to provide a comprehensive overview of digital technologies used in the conservation of natural resources and sustainable development, and to present the situation in this area in the Republic of Srpska. In the observation processes digital technologies expand the boundaries of cognition by creating new information. By changing the way we look at things, digital technologies change our way of thinking, help us in understanding complex systems and in reasoning. They are an indispensable part of decision support systems, and by automating the process they facilitate the implementation of activities. The first part of this chapter describes the digital technologies used in the process of observation, from the simple to the cognitive sensors, wireless sensor networks, remote sensing, the Internet of things and services in the cloud, and reasoning and decision making supported through digital technologies such as big data technologies, Geographic information system, artificial intelligence and cloud computing. The role of automation and robotics, as well as embedded and cyber-physical systems in the field of conservation of natural resources and sustainable development is presented. The impact of digital technologies on education and access to information in the field of natural resources is also analyzed. Then, in the second part of the chapter, an overview of the state of digitalization in the Republic of Srpska in the segments related to water and mineral resources, land use and cover, forest resources and biodiversity is given. As everywhere in the world, the management of natural resources in Republika Srpska is becoming increasingly complex, because it is necessary to reconcile the need for accelerated economic growth with the preservation of natural resources, to meet the needs of the present, without compromising the ability of future generations to meet their own needs. On the path to sustainable development, Republika Srpska is making great efforts by acting at the national level and engaging in global initiatives. The activities carried out for the purpose of sustainable development of agriculture, sustainable use of natural resources, in the field of green energy, Industry 4.0 and sustainable tourism, as well as in the field of education and access to information

are presented. For now, the activities are mainly related to the development of information systems, while the application of other digital technologies is at a very low level. It is evident that the exploitation of natural resources, agriculture and a large part of the industry of Republika Srpska continue to rely heavily on outdated methods. A discrepancy was noted between the well-developed information and communication technology sector and the application of digital technologies in the conservation of natural resources and sustainable development. Special attention is paid to the review of scientific research activities in which digital technologies are used for the preservation of natural resources and sustainable development of the Republic of Srpska. The analysis of scientific research activities in this area indicates the fragmentation of research and the small number of multidisciplinary teams, as well as the lack of significant institutional support. In order to make better use of the advantages that digitalization could bring in the preservation of natural resources and sustainable development of Republika Srpska, a multidisciplinary scientific approach and a management policy that is comprehensive, integrated, explicit, open and responsible are needed, as well greater involvement of society as a whole.

Key words: digitalization, natural resources, sustainable development, sensors, remote sensing, big data, artificial intelligence, cloud computing, decision support systems