

■ Digitalizacija in avtomatizacija letnih načrtov treninga

Luka Lah

Fakulteta za organizacijske vede, Univerza v Mariboru, Kidričeva cesta 55 A, 4000 Kranj

luka.lah4@student.um.si

Izvleček

V članku predstavljamo razvoj spletne aplikacije za digitalizacijo in avtomatizacijo letnih načrtov treninga, ki naslavlja problem tradicionalnih pristopov. Glavna težava je pomanjkanje individualizacije, saj trener potrebuje do enega tedna za pripravo načrta za enega športnika, kar pri večjem številu športnikov vodi v uporabo generaliziranih načrtov in povečano tveganje za poškodbe. Ta problem smo naslovili z razvojem prototipne spletne rešitve po metodologiji načrtovanja in razvoja. V osrednjem razvojnem ciklu smo uporabili metodo prototipiranja s tehnološkim skladom Vue.js (čelni del), Python Flask (zaledni del) in Oracle bazo podatkov s paketi PL/SQL za poslovno logiko. Zahteve za izdelavo aplikacije smo pridobili z intervjuji s trenerji Atletskega kluba Velenje. V rešitvi smo uspešno implementirali preko 200 vaj, 23 metod, 5 gibalnih sposobnosti in 10-stopenjsko lestvico težavnosti za prilagajanje trenažnega obsega in obremenitev. Rešitev smo ovrednotili na podlagi logičnega argumenta, ki je vseboval primerjavo z alternativno rešitvijo in kvantitativne metrike časa ustvarjanja, prostora shrambe podatkov, omejitve časovnih pravil. Rezultati kažejo, da načrt treninga ustvarimo v 12 s, zanj porabimo 133,12 KB in se držimo trajanja enote s 15 min standardnim odklonom. Predstavljamo prvi celostni pristop k digitalizaciji trenažnih procesov ob upoštevanju interferenčnih učinkov gibalnih sposobnosti.

Glavne besede: digitalizacija športa, spletna aplikacija, paketi PL/SQL, avtomatizacija treninga.

Digitalization and Automatization of Annual Training Periodization

Abstract

In this article, we present the development of a web application for the digitalization and automation of annual training plans, addressing the problems of traditional approaches. The main issue is the lack of individualization, as a trainer requires up to one week to prepare a plan for a single athlete, which, with a larger number of athletes, leads to the use of generalized plans and increased risk of injuries. We addressed this problem by developing a prototype web solution using the design and development methodology. In the core development cycle, we used the prototyping method with a technology stack of Vue.js (frontend), Python Flask (backend), and Oracle database with PL/SQL packages for business logic. We obtained requirements for creating the application through interviews with trainers from Athletic Club Velenje. In the solution, we successfully implemented over 200 exercises, 23 methods, 5 motor abilities, and a 10-level difficulty scale for adjusting training volume and loads. We evaluated the solution based on logical arguments that included the comparison with alternative solutions and quantitative metrics of creation time, data storage space, and time rule constraints. Results show that we can create a training plan in 12 seconds; the plan requires 133.12KB of storage, and we maintain unit duration with a 15-minute standard deviation. We present the first comprehensive approach to the digitalization of training processes while considering the interference effects of motor abilities.

Keywords: Digitalization of sport, web application, PL/SQL packages, automatization of training

1 UVOD

Digitalna preobrazba predstavlja integracijo digitalne tehnologije v izdelke, procese in samo strategijo podjetja. Na področju športne industrije predstavlja rastoči trend po celem svetu. Izraža se s povečano produktivnostjo športnega osebja, optimizacijo procesov in povečano komunikacijo s strankami [1]. Pomemben vpliv ima na kulturo športa, saj omogoča implementacijo novih metod k profesionalnim načrtom treningov [2]. Informacijske tehnologije omogočajo nove možnosti za individualizacijo procesov in napovedno modeliranje, vendar je lahko prenos znanstvenih spoznanj v praktične rešitve otežen zaradi pomanjkanja primernih sistemskih struktur [3]. Pri športnem treniranju se trenerji večkrat zanašajo na tradicionalne pristope, ki temeljijo na intuiciji, namesto na algoritmično podprtih tehnologijah [4].

Sodobni pristopi k načrtovanju športne vadbe zahtevajo obravnavo več deset parametrov, kot so npr. biomehanski indeksi, fiziološki odzivi in ciklizacija (ciklizacija je daljše obdobje načrta treninga) obremenitev [5], [6], [7]. Obstoječe digitalne rešitve se osredotočajo na posamezne vidike trenažnega procesa, medtem ko celostni sistemski pristopi ostajajo redki. Avtomatizirano načrtovanje treningov lahko pri tem zahteva krajši čas in omogoči večjo individualizacijo v primerjavi s tradicionalnimi pristopi [8], [9]. Večina komercialnih aplikacij, kot so Training Peaks, TeamBuildr in Final Surge, temelji na preprostih predlogah, brez implementacije znanstveno podprtih algoritmov za ciklizacijo in distribucijo trenažnih metod. Pri tem ostaja izziv razvoja algoritmov, ki bi omogočili avtomatsko ustvarjanje letnih načrtov treninga z upoštevanjem biomehanske normalizacije testnih rezultatov in kompleksnih omejitev pri razporejanju vaj. Sistemi bi morali implementirati večplastno logiko za preprečevanje interferenčnih učinkov med različnimi gibalnimi sposobnostmi, upravljanje aktivnega počitka in optimizacijo obremenitev glede na individualne sposobnosti športnikov [10], [11]. Tehnična implementacija zahteva robustno podatkovno arhitekturo za obdelavo velikih količin strukturiranih podatkov o vajah, metodah treninga in testnih rezultatov.

Analitične funkcionalnosti omenjenega sistema predstavljajo dodatno kompleksnost, saj bi se morali implementirati biomehanski algoritmi za pretvorbo različnih meritev v primerljive indekse. S strojnim učenjem bi lahko sestavili natančnejše načrte trenin-

ga in napovedovali napredek športnika, če bi imeli strukturirane in natančne podatke. Omenjeno se že uporablja pri nogometu za natančnejše napovedi športnih dosežkov, pri preventivi poškodb in prepoznavanju mladih talentov v športu [12]. Analitične funkcionalnosti lahko delujejo le ob standardizaciji pristopov, ki omogoča objektivno primerjavo rezultatov med različnimi športniki ne glede na antropometrične značilnosti.

Cilj raziskave je razviti funkcionalno spletno platformo, ki vpelje algoritme za avtomatsko ustvarjanje znanstveno podprtih letnih ciklizacij treningov s pomočjo naprednih podatkovnih struktur in poslovne logike. Sistem mora omogočati standardizirane vaje in analitično spremljanje napredka z vizualizacijami. Osnovno raziskovalno vprašanje je: »Ali lahko z vpeljavo algoritmov PL/SQL in sodobnih spletnih tehnologij ustvarimo sistemsko rešitev, ki avtomatizira znanstveno podprt pristop k načrtovanju športnih treningov?«.

V nadaljevanju članka najprej predstavimo sorodna dela, ki se nanašajo na pristope načrtovanja treninga in digitalizacijo. Nato sledi opis metodologije, postopek razvoja, ovrednotenje ter testiranja rešitve. Na koncu sledita še diskusija in zaključek.

2 SORODNA DELA

Načrtovanje in organizacija športnega treninga sta v zgodovini nastajali na presečišču tradicije in znanosti. Vplivni teoretiki ciklizacije so oblikovali različne modele na podlagi takrat dostopnih znanstvenih utemeljitev, praktičnih izkušenj in kulturnih predpostavk, ki so se z razvojem sodobne znanosti izkazale za deloma zastarele. Sodobni dokazi [13] o izraziti medsebojni variabilnosti prilagoditev zato vse bolj spodkopavajo univerzalno uporabo generičnih, na pravilih temelječih pristopov. Prav tako narekujejo [13] preoblikovanje teorij ciklizacije v smer občutljivih, prilagodljivih in kontekstno vodenih sistemov treninga.

Vzporedno z metodološkim premislekom se v praksi uveljavlja tehnološka transformacija treniranja z integracijo umetne inteligence in strojnega učenja, analitiko velikih podatkov, nosljivih naprav ter mobilnih in spletnih aplikacij.

S pregledom želimo povezati koncepte ciklizacije z dokazi podprto rabo tehnologije, da bi zasnovali odziven, na podatkih in človekovih posebnostih utemeljen trenažni sistem. V sistematičnem pregledu

[14] tradicionalnih in sodobnih modelov periodizacije v športnem treningu, ki je zajel analizo 12 funkcionalnih člankov iz petih podatkovnih baz, je zapisana evolucija načrtovanja od klasičnih pristopov k sodobnim metodam. Tradicionalni modeli, kot je Matvejev s strukturo pripravljalnega, tekmovalnega in prehodnega obdobja, temeljijo na pristopnem prehodu od splošnih k specifičnim obremenitvam skozi daljše cikle. Nasprotno delujejo sodobni modeli, ki vključujejo blokovne, s koncentriranimi enosmernimi obremenitvami in zamaknjenim učinkom treninga ter ATR (angl. Accumulation, Transformation and Realization) z zaporednimi bloki akumulacije, transformacij in realizacije. Ti omogočajo bolj ciljno usmerjeno ciklizacijo. Iz empiričnih dokazov [14] lahko povzamemo, da klasični, ATR in strukturni zvonasti modeli dosegajo večje učinke (efektivna velikost $> 0,80$) v primerjavi z blokovnimi (efektivna velikost $= 0,20$). Pri tem polovica načrtov v vrhunskih španskih ekipah ne ustreza specifičnim zahtevam športnih panog.

Športniki potrebujejo individualizirane trenažne načrte za vzdrževanje in izboljševanje svojih sposobnosti z namenom doseganja najboljših rezultatov na tekmovanjih. To predstavlja delovno obremenitev za trenerje, ki morajo poleg zastavljanja ciljev, oblikovati podrobne načrte treninga ob upoštevanju več deset parametrov. Avtomatizirano načrtovanje je bilo vpeljavano že v realnih situacijah, kot so vesoljsko raziskovanje, robotika in proizvodnji procesi. Raziskovalci so predlagali [15] uporabo tehnik avtomatiziranega načrtovanja za ustvarjanje individualnih načrtov treninga. Ti so sestavljeni iz vaj, katere mora športnik izvajati med treningom, ob upoštevanju trenutne športnikove učinkovitosti. Eksperimentalna analiza [15], ki je upoštevala splošen trening kikboksarjev, kaže, da so avtomatično ustvarjeni načrti skrajšali čas načrtovanja. Poleg tega so bili takšni načrti bolj podrobni in individualizirani kot načrti, ki jih ročno pripravi strokovni trener.

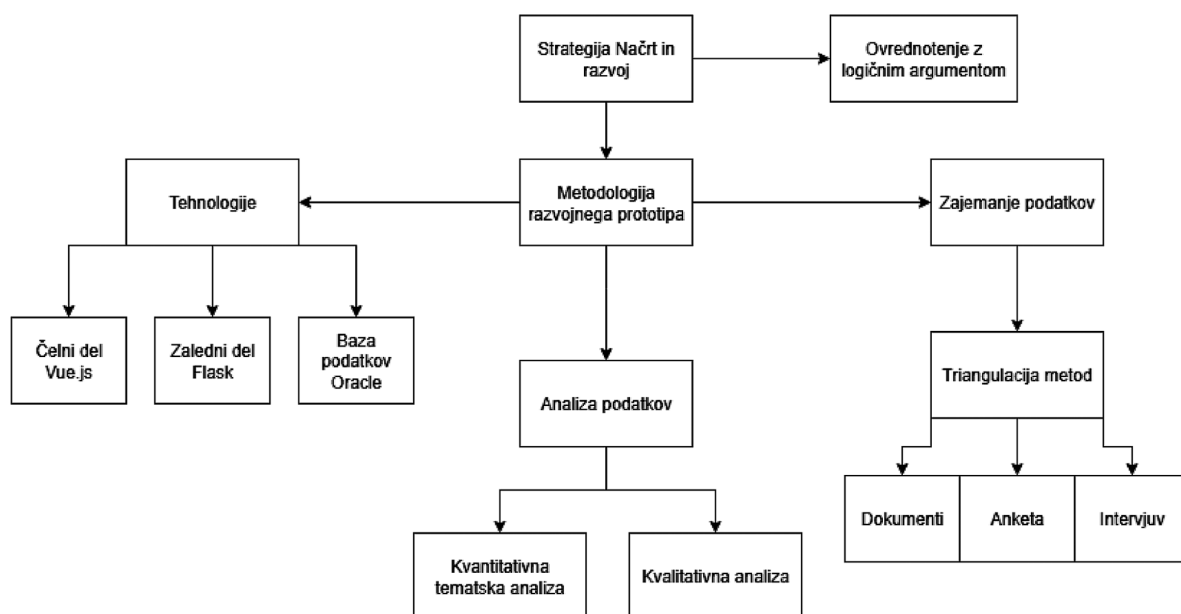
Ker načrtovanje športne vadbe predstavlja velik izziv, potrebujejo trenerji obsežne izkušnje in temeljito poznavanje sposobnosti svojih športnikov ter teoretičnih osnov. Z razvojem mobilnih tehnologij in športnih ur z GPS (angl. Global Positioning System) se pojavljajo novi načini načrtovanja, kjer lahko zanesljivi podatki o srčni frekvenci in trajanju aktivnosti, služijo kot osnova za inteligentno ustvarjanje trenažnega procesa. V raziskavi [16] so pokazali, da lahko

avtomatizirani algoritmi, kot je algoritem bat, ustvarijo trenažne procese primerljive kakovosti tistim, ki jih pripravijo trenerji. Sodobna tehnologija omogoča razvoj pomoči trenerjem pri optimizaciji trenažnih obdobja za posamezne športnike, ki se pripravljajo na tekmovanje.

Matematični modeli, ki uporabljajo tako strokovno znanje kot eksperimentalne podatke, izboljšajo razumevanje dinamičnih lastnosti preučevanih sistemov za namene napovedovanja, diagnosticiranja, odločanja in nadzora. Podatkovni pristop se je izkazal za uporabnega pri oblikovanju prilagodljivih rešitev podpore odločanja pri športnem treningu. Razvit je bil sistem [17], ki uporablja strokovno znanje skupaj z merjenimi in okoljskimi (GPS) podatki. Merjeni podatki so bili srčna frekvenca, EMG (elektromiografija) in pospešek. Našteto je bilo uporabljeno za ustvarjanje optimalnega trenažnega načrta. Ustvarjen artefakt pa izvaja naloge modeliranja športnikovega kardiovaskularnega sistema, ocenjevanja njegovih parametrov in prilagajanja modela vsakemu posameznemu.

S sistematičnim pregledom literature [4] identificiramo 109 študij o inteligentnih metodah analize podatkov za pametno športno treniranje. Raziskave [4] pokrivajo štiri faze: načrtovanje, realizacijo, nadzor in ovrednotenje treninga, pri čemer so najširše uporabljene metode podporni vektorski stroji SVM (19 študij), umetne nevronske mreže (14), K-najbližji sosed (11) in naključni gozdovi (11), medtem ko so najpogostejše raziskani športi nogomet (12), tek (11) in dvigovanje uteži (9 študij). Ugotovimo lahko [4], da je 54,6 % raziskav osredotočenih na individualne športe, večina pa ostaja v prototipni fazi tehnološke pripravljenosti, ker nobena ni dosegla ravni validacije, le šest pa je uporabilo javno dostopne zbirke podatkov.

Kljub obsežnim raziskavam na področju načrtovanja športne vadbe in digitalizacije, ostajajo pomembne raziskovalne vrzeli, ki omejujejo praktično uporabnost sodobnih pristopov. Sodobni teoretični modeli ciklizacije [13], kot so ATR in blokovni modeli, se pogosto ne prilagajajo osebnim variabilnostim športnikov. To spodbija njihovo učinkovitost v praksi. Čeprav so nekateri sistemi že razviti, obstoječe študije [14] ostajajo v prototipni fazi brez ustreznih ovrednotenj na realnih podatkih. Ostaja pomanjkanje javno dostopnih zbirk podatkov in dolgoročnega spremljanja vpliva na športne rezultate. Avtomatizirani



Slika 1: Grafični prikaz metodologije.

rani sistemi načrtovanja treninga so v mnogih organizacijah že prisotni vendar, a pogosto ne vključujejo omejitev, kot so interferenčni učinki med različnimi gibalnimi sposobnostmi.

Metode umetne inteligence za pametno športno treniranje so obetavne, vendar se večina od 109 raziskav [4] osredotoča na podporo odločanju in analizo podatkov, medtem ko manjka integracija teh metod v celostni proces načrtovanja, ki bi vključeval tudi ciklizacije in individualizacijo treninga.

Navedeno kaže na potrebo po razvoju odzivnih, individualiziranih in znanstveno utemeljenih sistemov za avtomatizacijo načrtovanja treningov, ki so sposobni upoštevati kompleksne biološke, fiziološke in motorične omejitve športnikov ter nuditi prilagodljivost in merljive učinke v praksi.

3 METODOLOGIJA

V raziskavi smo sledili strategiji načrtovanja in razvoja (angl. Design Science Research), ki predstavlja sistematičen pristop k oblikovanju, vpeljavi in ovrednotenju tehnoloških artefaktov [18], v našem delu spletna rešitev (slika 1). Strategija je posebej primerena za raziskave na področju informacijskih sistemov, kjer je cilj razviti uporabne tehnološke rešitve za praktične probleme. Razvoj rešitve je potekal po metodologiji razvojnega prototipa [19], katera je zagotovila fleksibilnost pri prilagoditvah funkcionalnosti glede na zahteve.

3.1 Razumevanje problema

V raziskavi je glavni problem pomankanje individualizacije letnih načrtov treninga za športnike. Trenerji imajo navadno več deset športnikov, izdelava letnega načrta treninga pa lahko za enega športnika traja tudi en teden ali več. Poleg izvajanja trenažnega procesa navadno ne ostane dovolj časa, da bi lahko vsak športnik dobil individualen načrt. Zato se v praksi večkrat uporabljajo generalizirani načrti [20], ki si jih deli več športnikov, ti pa lahko vodijo do povečanega tveganja za poškodbe.

Namen raziskave je olajšati proces ustvarjanja letnih načrtov treninga za izboljšanje individualizacije treninga posameznika in posledično zmanjšanje tveganj za poškodbe.

3.2 Načrtovanje sistema

Metodološko zasnovo smo temeljili na interdisciplinarnem pristopu, ki povezuje področje informatike in informacijskih sistemov z domenskim znanjem športne znanosti. Raziskavo smo razdelili na štiri glavne faze: analizo problema področja, oblikovanje systemske arhitekture, vpeljavo rešitev z algoritmi ter validacijo funkcionalnosti.

Za pridobitev zahtev uporabnikov smo izvedli strukturirane intervjuje s trenerji Atletskega kluba Velenje in anketo trenerjev v Sloveniji s priložnostnim vzorcem. Za identifikacijo potreb digitalizacije trenažnih procesov smo uporabili tematsko analizo



Slika 2: Žični model uporabniškega vmesnika aplikacije.

z induktivnim pristopom. Podatke za oceno algoritmov smo pridobili iz znanstvene literature s področja teorije športa.

Rešitev smo načrtovali na osnovi baze podatkov (slika 3), ki je bila vpeljana za podporo teorije športa. V podatkovno strukturo smo dodali zapise več kot 200 vaj, 23 metod treninga in 5 gibalnih sposobnosti, skupaj s svojimi teoretičnimi opisi.

Pred razvojem rešitve smo ustvarili žični model uporabniškega vmesnika v programu GIMP (slika 2). Ta je vseboval modele za prijavo in registracijo, domačo stran za trenerje in športnike, pregled nad testi, pogled ciklizacije in vizualizacije.

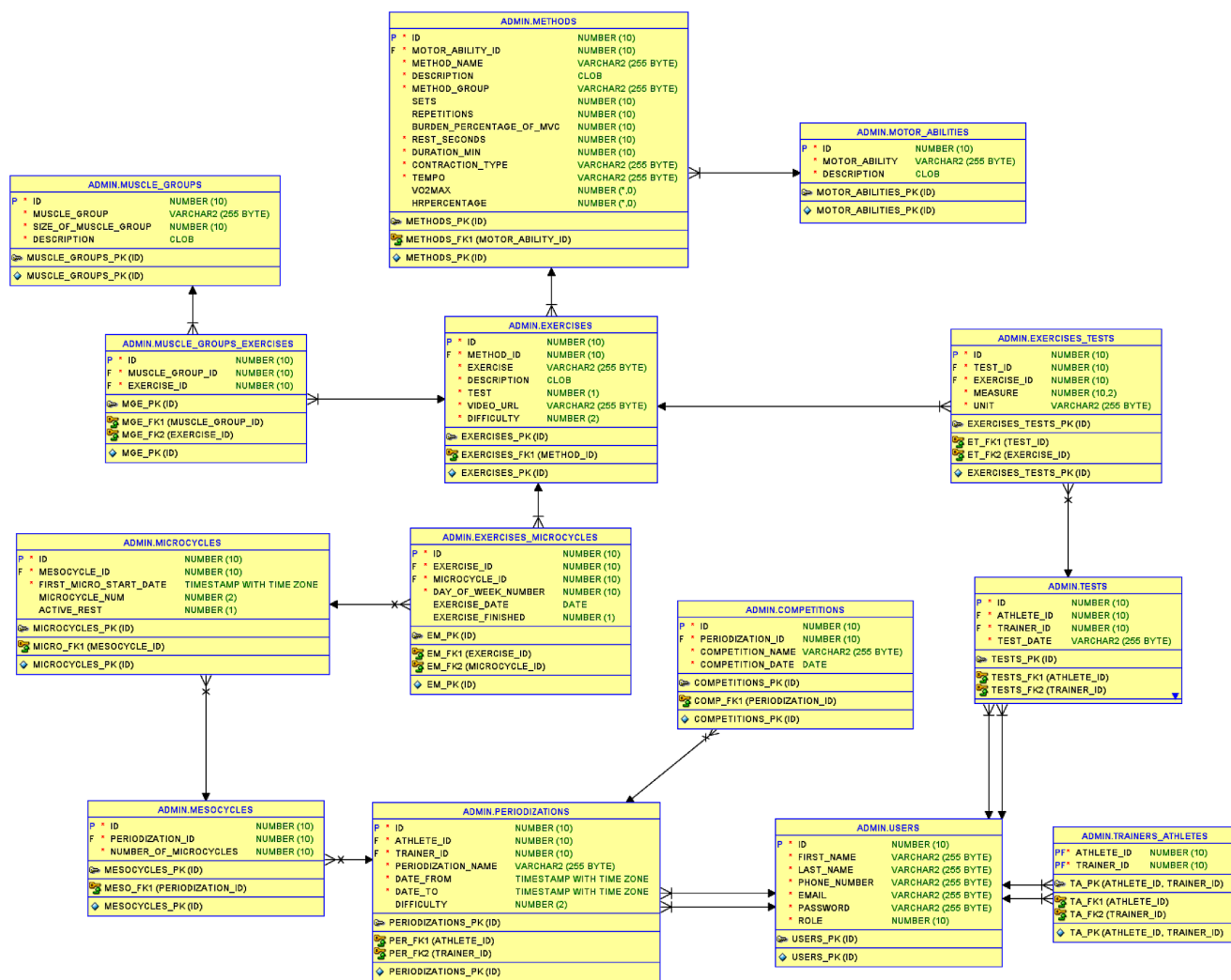
3.3 Razvoj sistema

Sistemska rešitev smo zasnovali kot spletno aplikacijo s čelnim in zalednim delom ter bazo podatkov (slika 1). Čelni del smo vpeljali z enostransko spletno aplikacijo (angl. SPA) oziroma orodjem JavaScript Vue.js verzije 3, ker omogoča komponentno strukturo, ki optimizira upodabljanje aplikacije. Zaledni del smo vpeljali s Python knjižnico Flask, medtem ko smo za avtentikacijo in avtorizacijo dodali žeton JWT (angl. JSON Web Token) ter BCrypt za šifriranje

gesel. Komunikacija med komponentami je bila standardizirana preko vmesnika Rest API z avtomatsko generirano dokumentacijo Swagger.

Podatkovno strukturo smo temeljili na bazi podatkov Oracle z vpeljavo poslovne logike preko paketov PL/SQL. Z Izbiro platforme Oracle smo bili motivirani zaradi zmožnosti procesiranja algoritmov neposredno v bazi. Procesiranje neposredno v bazi podatkov zagotavlja optimalno zmogljivost sistema pri obdelavi velikih količin strukturiranih podatkov. Kot osrednjo funkcionalnost sistema smo vpeljali algoritme za avtomatsko ustvarjanje letnih načrtov treninga. Algoritmi so organizirani kot hierarhija paketov PL/SQL (slika 4), kjer vsak paket vpelje specifičen del poslovne logike. V našem sistemu bi v primeru poslovne logike na zaledju, morali opraviti več kot 150 (odvisno od trajanja ciklizacije) klicev izjav DML (angl. Data manipulation language) preko 5 entitet na podatkovno bazo, da bi ustvarili en načrt treninga.

Bazo podatkov in zaledni del aplikacije smo naložili na OCI (angl. Oracle Cloud Infrastructure). Kot vmesnik zaledju je služila storitev NoIP, ki je spletnemu gostovanju OCI pripisala domeno, da smo do nje lahko dostopali preko brskalnika (posledica pravil CORS).



Slika 3: Model entitet in povezav (angl. Entity Relationship Model) podatkovne baze.

Podatkovni model smo zasnovali na normalizirani relacijski strukturi z hierarhično organizacijo entitet (slika 3). Osrednja tabela periodizations (ciklizacije) se hierarhično razveja preko mesocycles (mezocikli) in microcycles (mikrocikli) do posameznih exercises_microcycles (vaje povezane s tabelo mikrocikli) zapisov v tabeli. Referenčna integriteta je zagotovljena z uporabo tujih ključev in kaskadnega brisanja.

Vsaka vaja vsebuje parametre izvajanja (serije, ponovitve, obremenitev, počitek) ter povezave z glavnimi mišičnimi skupinami.

Sistem deluje po hierarhični strukturi omejitev, kjer se najprej preveri omejitve motoričnih sposobnosti, nato pa omejitve mišičnih skupin.

Artefakt je bil ovrednoten z metodo logičnega argumenta [21], [22], ki artefakt preveri z določanjem

doseženih zahtev pridobljenih iz literature ali drugih virov.

4 REZULTATI

Z vpeljavo rešitve smo dosegli cilje raziskave oziroma uspešno digitalizacijo in avtomatizacijo procesa načrtovanja letnih načrtov treningov (slika 5). Razviti sistem MVP (angl. Minimum Viable Product) predstavlja prvi celostni pristop k avtomatizaciji trenajnega procesa, ki teorijo športa pretvarja v praktično tehnološko rešitev.

S tematsko analizo intervjujev s trenerji smo prepoznali štiri organizacijske teme: Sistematično načrtovanje treninga, individualizacija in prilagoditve, spremljanje in ovrednotenje ter praktično delovanje. Te opredeljujejo trenutno stanje in potrebe v trenažni praksi. Trenerji uporabljajo znanstveno podprte me-

Tabela 1: Pomen vhodnega parametra težavnosti pri ustvarjanju ciklizacije.

Težavnost	Frekvenca (število enot na teden)	Trajanje (min)	Izbira vaj	Dnevi v tednu
1	2 krat	45 min	Lažje vaje	Torek, Petek
2	2 krat	60 min	Težje vaje	Torek, Petek
3	3 krat	45 min	Lažje vaje	Ponedeljek, sreda, petek
4	3 krat	60 min	Težje vaje	Ponedeljek, sreda, petek
5	4 krat	45 min	Lažje vaje	Ponedeljek, torek, četrtek, petek
6	4 krat	60 min	Težje vaje	Ponedeljek, torek, četrtek, petek
7	5 krat	45 min	Lažje vaje	Od ponedeljka do petka
8	5 krat	60 min	Težje vaje	Od ponedeljka do petka
9	6 krat	45 min	Lažje vaje	Od ponedeljka do sobote
10	6 krat	60 min	Težje vaje	Od ponedeljka do sobote

tode ciklizacije, vendar se soočajo s časovnimi izzivi pri administrativnih nalogah. Pri analizi smo ugotovili, da 1 trener porabi do 1 tedna za ročno pripravo letnega načrta treninga, medtem ko lahko z digitalno rešitvijo isti proces izvede v nekaj minutah.

Odkrili smo potrebo po sistematičnem beleženju in analizi testnih rezultatov. Trenerji trenutno za do-

kumentiranje uporabljajo fizične beležnice, kar onemogoča napredne analitične pristope in vizualizacijo napredka. Prav tako smo prepoznali potrebo po individualizaciji treningov pri delu z večjim številom športnikov, kjer administrativne naloge pogosto prevzamejo prednost pred kakovostnim treningom.

1. **PKG_PERIODIZATION_BUILDER.create_periodization()**
 - |— Ovrednotenje vhodov
 - |— Razčlenjevanje parametrov
 - |— Klic PKG_MESOCYCLE_MANAGER
2. **PKG_MESOCYCLE_MANAGER.create_mesocycle_with_multiple_methods()**
 - |— Ustvarjanje zapisa mesocycle
 - |— Klic create_individual_microcycle()
3. **create_individual_microcycle()**
 - |— PKG_TRAINING_CALCULATOR.get_training_days()
 - |— distribute_methods_by_frequency()
 - |— Klic PKG_EXERCISE_SELECTOR
4. **PKG_EXERCISE_SELECTOR.get_exercises_for_method_with_constraints()**
 - |— Motorične sposobnosti omejitve
 - |— Mišične skupine omejitve
 - |— Vrnitev exercise_array
5. **Koordinacijske vaje dodajanje**
 - |— get_koordinacija_exercise_for_method()
 - |— Sledenje redundancam
6. **INSERT INTO exercises_microcycles**
 - |— Končni vnos vaj z datumi

Slika 4: Proces ustvarjanja letnega načrta treninga (hierarhija algoritmov).

Glavno poslovno logiko (slika 4) smo uvedli s paketom `PKG_PERIODIZATION_BUILDER`, kateri ustvari letni načrt treninga. Ta skrbi za validacijo in razčlenjevanje vhodnih parametrov: ime ciklizacije, identifikator športnika, težavnost, metode in trajanje posameznih obdobj.

Težavnost smo opredelili od 1 do 10 (tabela 1), kjer liha števila predstavljajo vadbo z lažjimi vajami in trajanjem 45 min, soda pa vadbo s težjimi vajami in trajanjem 60 min. Težavnost vaj je določena glede na objektivno zahtevnost izvedbe in je zapisana v tabeli `exercises`. Sama velikost števila določa pogostost vadbe na tedenski ravni, pri tem 1 - 2 predstavljata vadbo 2 krat tedensko in 9 - 10 vadbo 6 krat tedensko. Vso avtomatizirano načrtovanje se nanaša na kondicijsko pripravo vadbe.

Nadaljnjo smo s paketom `PKG_MESOCYCLE_MANAGER` zagotovili distribucijo metod po mikrociklih (mikrocikel je časovno obdobje vadbe, ki običajno traja 7 dni) z upoštevanjem znanstvenih načel ciklizacije. Glede na izbrano težavnost vadbe smo s paketom `PKG_TRAINING_CALCULATOR` razporedili dneve treninga v teden. S `PKG_MESOCYCLE_MANAGER` pa smo nato v dneve uvrstili izbrane metode glede na teoretično podlago teorije športa. V nadaljevanju smo s paketom `PKG_EXERCISE_SE-`

`LECTOR`, izbrali vaje glede na omejitve motoričnih sposobnosti.

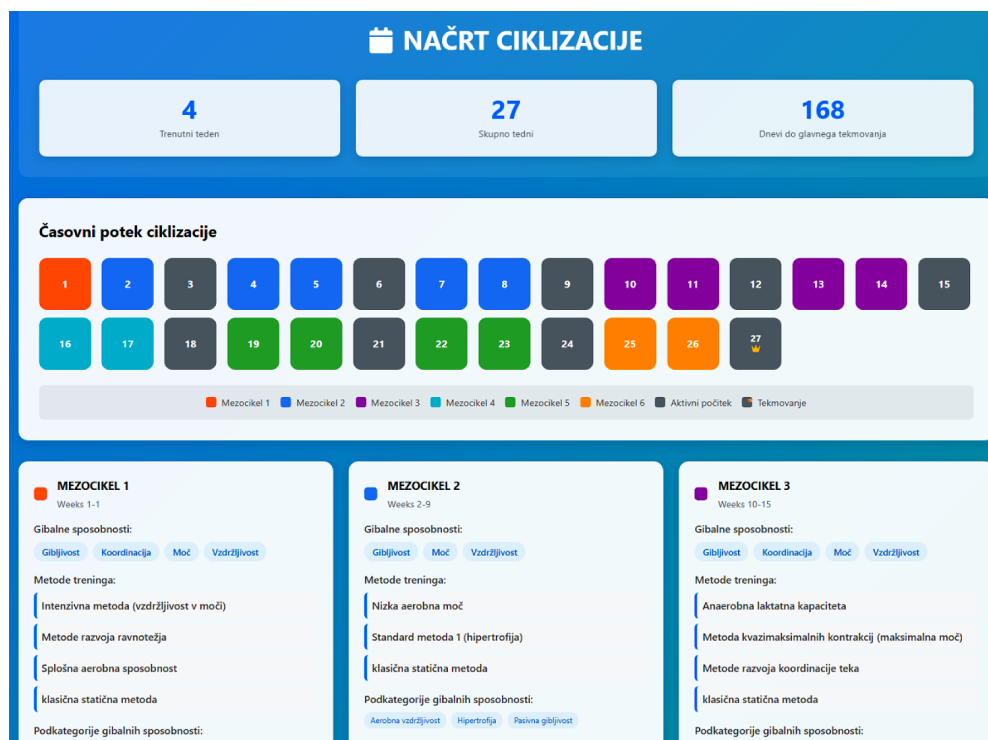
Moč ima v sistemu najkompleksnejšo obravnavo. Osnovno načelo temelji na razporeditvi vaj po velikosti mišičnih skupin (od večjih proti manjšim). Tedenko se lahko ista mišična skupina trenira samo 2 krat, oziroma znotraj ene enote (enega dneva) samo 3 krat.

Vzdržljivost je omejena na eno vajo na dan zaradi specifične fiziološke narave. Takšni treningi zahtevajo velike energetske zaloge in povzročajo pomembne spremembe v presnovnih procesih. Enaki omejitvi sledi tudi gibalna sposobnost hitrost.

Rešitvo smo vpeljali samodejno dodajanje razteznih vaj (gibljivost): raztezanje glavnih mišičnih skupin se izvaja ob ponedeljkih, sredah in petkih, medtem ko se raztezanje vseh mišičnih skupin izvaja ob nedeljah.

Standardne koordinacijske metode smo omejili na eno vajo na dan in jih dodali izključno k sejam z ne-koordinacijskimi metodami. Posebna izjema velja za koordinacijo teka, ki lahko ima neomejeno število koordinacijskih vaj na dan.

Vizualizacije smo implementirali s pomočjo knjižnice `Chart.js`, ki omogoča interaktivne grafe za spremljanje napredka. Sistem avtomatsko generira ločene grafe za različne enote meritve.



Slika 5: Primer pogleda ustvarjene ciklizacije na razviti rešitvi.

Varnostni standardi sledijo zakonodaji GDPR z vpeljavo obveznega soglasja uporabnikov, po vlogah orientiranega dostopa do podatkov ter šifriranim shranjevanjem občutljivih informacij.

Z razvito rešitvijo smo uspešno vpeljali hierarhijo algoritmov za avtomatsko ustvarjanje ciklizacij.

Razvit uporabniški vmesnik je pokazal visoko stopnjo intuitivnosti in odzivnosti. Enostranska spletna aplikacija zagotavlja gladko navigacijo brez osveževanja strani. Komponentna arhitektura ni bila v celoti razvita, vendar omogoča konsistentno vedenje skozi različne module aplikacije.

S pomočjo rešitvije lahko uspešno ustvarimo letni načrt treninga v 12 sekundah, brez upoštevanja časa, ki ga namenimo izbiri optimalnih metod treninga in trajanju posameznih obdobij.

Varnostni standardi s skladnostjo GDPR, šifriranjem BCrypt in avtentikacijo JWT so uspešno vpeljeni in testirani. Sistem zagotavlja varno ločevanje podatkov med različnimi uporabniki z ustreznimi omejitvami avtorizacije. S čelnim delom spletne aplikacije, zahteve za zaledni del trenutno pošiljamo preko protokola HTTP, ki ni primeren za produkcijsko okolje oziroma izniči namen uporabe šifriranja BCrypt.

Kljub uspešni vpeljavi osnovnih funkcionalnosti smo odkrili določene omejitve sistema. V rešitvi trenutno ne omogočamo dinamičnega dodajanja lastnih vaj s strani trenerjev, kar zmanjšuje prilagodljivost za specifične potrebe. Ne vpeljemo analitičnih funkcionalnosti z uporabo umetne inteligence, ki bi omogočile odkrivanje vzorcev in napovedovanje rezultatov. Prav tako bi z umetno inteligenco omogočili opis zahtev specifičnega športa in avtomatsko ustvarjanje ciklizacije glede le-tega, s pomočjo naših navodil in ekspertnega sistema.

Pomanjkanje dinamičnega prilagajanja obremenitev na podlagi individualnih testnih rezultatov predstavlja priložnost za nadaljnji razvoj. Trenutni pristop temelji na statičnih parametrih težavnosti, pri katerem ne upoštevamo objektivnih meritev napredka posameznega športnika.

Objektivno primerjamo rezultate športnikov, kar prispeva k razvoju na dokazih temelječe znanosti športa. Hkrati lahko z avtomatizacijo administrativnih nalog, trenerji izvedejo bolj kakovostno delo s športniki.

Novost predstavlja hierarhična struktura s standardiziranimi vajami, ki na podlagi teorije športa ustvari letni načrt treninga brez interferenčnih učinkov vadbe.

4.1 Ovrednotenje in testiranje sistema

Rešitev smo testirali s pomočjo programa Postman. Pri Funkcionalnem testiranju smo pokrili vse končne točke API z validacijo vhodnih parametrov, obdelavo napak ter konsistentnostjo izhodnih podatkov. Integracijsko testiranje smo osredotočili na validacijo PL/SQL paketov, ki implementirajo poslovno logiko. S testi smo preverili pravilnost algoritmov za distribucijo metod, matematično točnost kalkulacij za aktivni počitek ter upoštevanje vseh omejitvenih pogojev. S testiranjem sistema smo potrdili stabilnost in zanesljivost implementiranih algoritmov.

V nadaljevanju podajamo ovrednotenje, utemeljeno z logičnim argumentom [21] priznано npr., ko je artefakt nov in še brez terenskega ovrednotenja [18], [21], [23].

Avtomatsko smo ustvarili 300 različnih načrtov letnega treninga za različne scenarije v 3 krogih po 100 iteracij (slika 6). Ugotovili smo, da je bil povprečni čas ustvarjanja načrta 12,31 sekund s standardnim odklonom 6,41 sekund, proti oceni ročnega ustvarjanja (anketa z velikostjo vzorca 21) 100800 sekund s standardnim odklonom 67968 sekund. Opisano predstavlja 99,98 % izboljšanje časa pri ustvarjanju letnega načrta treninga.

Pri ustvarjanju ciklizacije so bila dovoljena časovna odstopanja za enoto treninga, ki so omogočila, da je bilo mogoče kombinirati vse vaje ob upoštevanju omejitev. Pri lihih težavnostih, ki bi morale imeti čas treninga na enoto 45 minut, je bil povprečen čas na enoto 49,38 minut s standardnim odklonom 14,57 minut. Pri sodih težavnostih, ki bi morale imeti čas treninga na enoto 60 minut, pa je bil povprečen čas na enoto 54,341 minut s standardnim odklonom 15,08 minut. Odstopanja se pojavijo, ker imamo v bazi podatkov vajo s trajanjem 75 minut, medtem ko najkrajša vaja traja 5 minut. Čeprav smo ciljali na 15

POVZETEK TESTIRANJA:	
Število uspešnih testov:	100/100
Skupni čas uspešnih testov:	126502 centiseconds
Povprečni čas ustvarjanja:	1265.02 centiseconds
Standardni odklon:	667.26 centiseconds
Povprečni čas v milisekundah:	12650.2 ms
Standardni odklon v milisekundah:	6672.58 ms

Slika 6: Povzetek 1. testiranja pri 100-kratnem iterativnem ustvarjanju ciklizacije.

minutno razliko, se težavnosti lihih in sodih razlikujejo po uporabljeni zahtevnosti vaj.

Za 100 ustvarjenih ciklizacij smo v podatkovni bazi porabili 13 MB prostora. Za en načrt tako v povprečju porabimo 0,13 MB oziroma 133,12 KB. Pri nadaljnjem testnem scenariju v praksi, 100 trenerjev, kjer ima vsak 50 športnikov, bi potrebovali 650 MB prostora, če bi imel vsak športnik samo en načrt.

Konsistentnost treningov je 100 %, saj gre v celostnem pogledu pri raziskavi za ekspertni sistem, ki deluje na podlagi določenih pravil. Enaki parametri bodo vedno ustvarili enak letni načrt treninga. Prav tako ni prišlo do interferenčnih konfliktov. V 100 % se upoštevajo razmerja med aktivnim počitkom.

Teoretični prispevek k znanosti je prva formalizacija interferenčnih pravil v algoritemski obliki. Na splošno je glede na literaturo iz športa, načrt vadbe strukturno razdeljen na enote in standardiziran. Novost je tudi pri operacionalizaciji načel sočasnega treninga [10] in prvi ustvarjen sistem, ki implementira vseh 5 gibalnih sposobnosti z omejitvami za razliko od avtomatskega načrtovanja za kimboksarje [15]. Podobno so z algoritmom bat [16] optimizirali razporejanje treningov, vendar pri tem niso upoštevali fizioloških omejitev interferenčnih učinkov vadbe. Potrebo po interferenčnih omejitvah prav tako potrjujemo, saj sistemi brez teoretičnih omejitev pogosteje vodijo v prekomerne obremenitve [10].

Obstoječe komercialne rešitve, kot npr. TrainingPeaks, TeamBuildr, temeljijo na preprostih predlogah brez implementacije znanstveno podprtih algoritmov v primerjavi z Artefaktom (tabela 2). V sistematičnem pregledu ugotavljajo, da 54,6 % raziskav

ostaja v prototipni fazi, predvsem zaradi pomanjkanja standardiziranih pristopov [4]. Naš sistem naslavlja to omejitev z implementacijo preko 200 standardiziranih vaj in 23 metod. S tem omogočamo prilagojene kondicijske načrte treninga in se izognemo generičnim, da bi preprečili nastanek poškodb [20]. Z ustreznimi prilagoditvami omejitev, lahko vadbo razširimo tudi v kontekst rekreativnih športnikov in rehabilitacije, saj ostaja kondicijska priprava pri vseh vadečih enaka.

Trenutne teoretične omejitve artefakta so pomanjkanje dodajanja tehničnih/lastnih vaj, pomanjkanje izvoza načrtov v dokument PDF in pomanjkanje kopiranja načrtov. Glavno omejitev raziskave predstavlja pomanjkanje ovrednotenja v praksi.

5 DISKUSIJA

Rezultati raziskave potrjujejo smernice dosedanjih študij na področju avtomatizacije športnega načrtovanja, in hkrati presegajo obstoječe pristope z vpeljavo celostnega sistema, ki teorijo športa pretvarja v praktično tehnološko rešitev.

Naše rezultate lahko povežemo z ugotovitvami [15], da avtomatično ustvarjeni načrti skrajšajo čas načrtovanja in povečajo individualizacijo glede na ročno pripravljene načrte za kimboksarje. Pristop smo razširili na pet gibalnih sposobnosti z vpeljavo omejitev in hierarhičnih algoritmov. Doseženo zmanjšanje časa načrtovanja iz enega tedna na nekaj minut predstavlja kvantitativni napredek, ki se sklada tudi z zahtevami pridobljenimi z intervjuji. Krajši čas ustvarjanja posredno podpira zahteve za individualizacijo treninga posameznika. Štiri identificira-

Tabela 2: Primerjava artefakta z obstoječo alternativo.

Kriterij	Naš artefakt	Training Peaks
Čas ustvarjanja letnega načrta	12,31 sekund ($\pm 6,41$ sekund)	Manj kot 1 sekunda
Število vpeljanih vaj	200+	0
Število trenažnih metod	23	0
Število gibalnih sposobnosti	5	3 (manjka koordinacija in gibljivost)
Podpora za ciklizacijo	Hierarhična (makro-mezo-mikro)	Omejena, brez mezocikla.
Standardizacija vaj	Da	Ne. Ni vaj.
Podpora več vrhov ciklizacije	Ne	Da
Število podprtih športov	Kondicijska priprava vseh športov	20+
Mobilna aplikacija	Ne	Da
Interferenčni konflikti	0 %	N/D
Vizualizacija napredka	Da	Da

ne organizacijske teme se prekrivajo tudi s potrebo [16] po avtomatizaciji administrativnih nalog pri trenerjih. Sistematično beleženje testnih rezultatov se sklada z ugotovitvami [17] podatkovnega pristopa za individualizirano načrtovanje treningov, saj lahko z rezultati izvajamo podatkovno analitiko ali ustvarimo vizualizacije. Prav tako, lahko kasneje podatke uporabimo za treniranje napovednega modela, ali modela UI za ustvarjanje ciklizacije. Vizualizacije, ustvarjene z Chart.js, naslovijo potrebo po boljšem spremljanju napredka iz sistematičnega pregleda [4] inteligentnih metod analize podatkov za športno treniranje. S pristopom še ne izkoriščamo polnega potenciala naprednih analitičnih metod, kot so vektorski stroji ali umetne nevronske mreže, ki jih literatura [4] odkriva kot najširše uporabljene metode.

Omejitev, ki smo jih v aplikacijo vpeljali se nanašajo na interferenčne učinke vadbe. Ugotovitve [10] o interferenčnih učinkih med trenažnimi modalnostmi neposredno podpirajo naše omejitve. V sistem smo uspešno vpeljali teoretične smernice, kjer vzdržljivost in hitrost omejujemo na eno vajo na dan, medtem ko pri moči upoštevamo razporeditev po velikosti mišičnih skupin. Omejitve in ustvarjanje ciklizacije bi lahko v prihodnosti izboljšali s strojnimi učenjem. Pomembna omejitev v kontekstu ovrednotenja sistema je pomanjkanje dinamičnega prilagajanja obremenitev na podlagi testnih rezultatov. Ugotovitev [8] sovпада s potrebo po prilagodljivih sistemih podpore odločanja, ki uporabljajo realne podatke zmogljivosti športnikov.

Skladnost GDPR pridobljenega artefakta naslavlja etične izzive, ki jih povežemo z ugotovitvami [24] glede varovanja zasebnosti pri uporabi tehnologije v športnem treniranju. Vpeljava šifriranja BCrypt in avtentikacije JWT zagotavlja profesionalne varnostne standarde, vendar komunikacija preko protokola HTTP izniči namen šifriranja. Pri razvojni različici smo se odločili za rešitev NoIP, ki je bila izbrana zaradi hitrosti vpeljave v sistem in ni podpirala brezplačne nadgradnje. Nujno potrebna pa je nadgradnja sistema na protokol HTTPS ali dodajanje plasti SSL za produkcijsko uporabo.

Spoznanje [12] o potencialu tehnologije pri športu potrjujemo tudi z našimi rezultati, vendar se hkrati izpostavijo tudi izzivi praktične implementacije. Medtem ko literatura [4] identificira 109 študij o inteligentnih metodah, večina ostaja v prototipni fazi. Tudi naš artefakt ostaja v prototipni fazi z namenom nadaljnjega razvoja.

Omejitev pri upravljanju lastnih vaj odraža širšo problematiko standardizacije v športni znanosti. Medtem ko standardizacija omogoča objektivno primerjavo rezultatov, zmanjšuje prilagodljivost za specifične potrebe. Ta dilema se navezuje ugotovitve [13] o potrebi po preoblikovanju teorij ciklizacije v smer prilagodljivih sistemov.

Predstavljena novost je prvi celostni ekspertni sistem za ustvarjanje letnih načrtov treninga, podprt s teorijo športa za preprečevanje interferenčnih učinkov. Omenjeno predstavlja metodološko novost, saj dosežanje raziskave niso sistemsko obravnavale avtomatizacije celotnega procesa načrtovanja z upoštevanjem vseh gibalnih sposobnosti in njihovih omejitev.

Praktični pomen našega sistema lahko presega akademske okvire, saj naslavlja realne potrebe trenažne prakse. Avtomatizacija administrativnih nalog omogoča trenerjem večjo osredotočenost na kakovostno delo s športniki, kar se sklada s širšimi trendi digitalizacije v športni industriji.

6 ZAKLJUČEK

V raziskavi smo obravnavali problematiko tradicionalnih pristopov k načrtovanju treningov v športu, ki se pri večjem številu športnikov izkažejo za neučinkovite. V ta namen smo razvili rešitev za avtomatsko ustvarjanje letnih načrtov treninga. Hkrati, smo omogočili spremljanje napredka športnikov glede na vnesene teste. Aplikacijo smo razvili po strategiji načrta in razvoja in metodologiji razvojnega prototipa. Za čelni del smo uporabili Vue.js, za zaledni del Python Flask in bazo podatkov Oracle z PL/SQL za implementacijo poslovne logike. Raziskavo smo izvedli z ovrednotenjem preko strukturiranih intervjujev s trenerji Atletskega kluba Velenje in anketami s trenerji v Sloveniji. Sistem je vseboval več kot 200 vaj, 23 metod in 5 gibalnih sposobnosti. Pri tem smo naslovili problem avtomatizacije časovno zahtevnih administrativnih nalog pri načrtovanju treningov. Prav tako, smo zagotovili znanstveno podprto individualizacijo kondicijskega trenažnega procesa.

Z Implementacijo algoritmov za avtomatsko ustvarjanje ciklizacije z 10-stopenjsko lestvico, lahko sistematično načrtujemo trenažni proces kondicijske priprave.

Ovrednotenje sistema je potrdilo potrebe trenerjev po digitalizaciji administrativnih procesov. Razkrili pa smo izzive pri ohranjanju fleksibilnosti in možnosti prilagajanja specifičnim potrebam posame-

znih športnikov. V praksi je tako potrebno poiskati ravnesje med standardizacijo vadbenih vsebin, ki omogočajo objektivno analizo napredka, ter zasnovano sistem, ki trenerjem še vedno zagotavlja možnost individualnih prilagoditev.

Uporaba znanstveno podprtih metod ciklizacije z implementacijo aktivnega počitka predstavlja obetavno področje, ki lahko izboljša učinkovitost načrtovanja športnih treningov. Rezultati raziskave so pomemben prispevek k praksi digitalizacije športnega treniranja. Sistem uspešno implementira arhitekturo, ki upošteva načela teorije športa, kot so razporeditev metod treninga, preprečevanje interferenčnih učinkov med gibalnimi sposobnostmi in sistematična organizacija mikrociklov ter mezociklov.

Prihodnje raziskave se lahko usmerijo v nadaljnji razvoj spletne aplikacije z implementacijo dinamičnega prilagajanja obremenitev na podlagi testnih rezultatov, integracijo umetne inteligence za napredne analitične funkcionalnosti ter razvoj modula za upravljanje lastnih vaj. Prav tako, bi bilo smiselno raziskati možnosti integracije pametnih nosljivih naprav za spremljanje v realnem času ter razvoj mobilne aplikacije za lažji uporabniški dostop. Te izboljšave lahko zagotovijo široko uporabo v slovenskem športnem prostoru ter prispevajo k dvigu profesionalnih standardov športnega treniranja.

LITERATURA

- [1] V. Babajanyan, N. Semal, N. Beseda, V. Farionov, in O. Kurii, »Digitalization of fitness and sports«, Науковий часопис Українського державного університету імені Михайла Драгоманова. Серія 15, let. 8, št. 8(168), str. 32–36, avg. 2023, doi: 10.31392/NPU-NC.SERIES15.2023.8(168).06.
- [2] A. D. Artemov, »The impact of digitalization on physical culture and professional physical training of athletes in Russia«, *Physical Education and University Sport*, let. 2, št. 1, str. 28–34, feb. 2023, doi: 10.18500/2782-4594-2023-2-1-28-34.
- [3] J. Ranjan in R. Gera, »Bridging the gap in knowledge transfer between academia and practitioners«, *International Journal of Educational Management*, let. 26, št. 3, str. 252–273, mar. 2012, doi: 10.1108/09513541211213336.
- [4] A. Rajšp in I. Fister, »A Systematic Literature Review of Intelligent Data Analysis Methods for Smart Sport Training«, *Applied Sciences* 2020, Vol. 10, Page 3013, let. 10, št. 9, str. 3013, apr. 2020, doi: 10.3390/AP10093013.
- [5] L. Siyuan, Q. Yunan, L. Jiaze, B. Jiuzhi, in Z. Hetong, »Design and Implementation of Sports Safety Mechanics Signal Monitoring System in Sports Training«, *Computer Fraud and Security*, str. 07–12, dec. 2024, doi: 10.52710/CFS.151.
- [6] M. A. A. Rivas in A. J. H. Guerrero, »Parámetros morfo-funcionales básicos del rendimiento atlético evaluados en los deportes«, *Lecturas: Educación Física y Deportes*, let. 25, št. 273, str. 175–190, feb. 2021, doi: 10.46642/EFD.V25I273.1645.
- [7] B. H. Jones, D. N. Cowan, in J. J. Knapik, »Exercise, Training and Injuries«, *Sports Medicine: An International Journal of Applied Medicine and Science in Sport and Exercise*, let. 18, št. 3, str. 202–214, nov. 1994, doi: 10.2165/00007256-199418030-00005/METRICS.
- [8] M. Connor, D. Faganan, B. Watters, F. McCaffery, in M. O'Neill, »Optimizing Team Sport Training with Multi-Objective Evolutionary Computation«, *Int J Comput Sci Sport*, let. 20, št. 1, str. 92–105, jan. 2021, doi: 10.2478/IJCSS-2021-0006.
- [9] D. S. Teyhen idr., »Automation to improve efficiency of field expedient injury prediction screening«, *J Strength Cond Res*, let. 26, št. SUPPL. 2, jul. 2012, doi: 10.1519/JSC.0B013E31825D80E6.
- [10] G. A. Nader, »Concurrent strength and endurance training: From molecules to man«, *Med Sci Sports Exerc*, let. 38, št. 11, str. 1965–1970, nov. 2006, doi: 10.1249/01.MSS.0000233795.39282.33.
- [11] G. J. Wilson, R. U. Newton, A. J. Murphy, in B. J. Humphries, »The optimal training load for the development of dynamic athletic performance«, *Med Sci Sports Exerc*, let. 25, št. 11, str. 1279–1286, 1993, doi: 10.1249/00005768-199311000-00013.
- [12] M. Rico-González, J. Pino-Ortega, A. Méndez, F. M. Clemente, in A. Baca, »Machine learning application in soccer: a systematic review«, *Biol Sport*, let. 40, št. 1, str. 249–263, 2022, doi: 10.5114/BIOLOSPORT.2023.112970.
- [13] J. Kiely, »Periodization Paradigms in the 21st Century: Evidence-Led or Tradition-Driven?«, *Int J Sports Physiol Perform*, let. 7, št. 3, str. 242–250, sep. 2012, doi: 10.1123/IJ-SPP.7.3.242.
- [14] J. E. C. Velázquez, N. D. O. Reyes, in N. J. R. Bolívar, »REVISIÓN TEÓRICA DE LA PLANIFICACIÓN TRADICIONAL Y CONTEMPORÁNEA EN EL ENTRENAMIENTO DEPORTIVO«, *Revista digital: Actividad Física y Deporte*, let. 5, št. 2, str. 171–181, jun. 2019, doi: 10.31910/RDAFD.V5.N2.2019.1265.
- [15] T. Skerik, L. Chrapa, W. Faber, in M. Vallati, »Automated Training Plan Generation for Athletes«, *Proceedings - 2018 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, SMC 2018*, str. 3865–3870, jul. 2018, doi: 10.1109/SMC.2018.00655.
- [16] I. Fister, S. Rauter, X. S. Yang, K. Ljubič, in I. Fister, »Planning the sports training sessions with the bat algorithm«, *Neurocomputing*, let. 149, št. PB, str. 993–1002, feb. 2015, doi: 10.1016/J.NEUCOM.2014.07.034.
- [17] K. Brzostowski, J. Drapała, A. Grzech, in P. Świątek, »ADAPTIVE DECISION SUPPORT SYSTEM FOR AUTOMATIC PHYSICAL EFFORT PLAN GENERATION—DATA-DRIVEN APPROACH«, *Cybern Syst*, let. 44, št. 2–3, str. 204–221, mar. 2013, doi: 10.1080/01969722.2013.762260.
- [18] K. Peffers, T. Tuunanen, M. A. Rothenberger, in S. Chatterjee, »A design science research methodology for information systems research«, *Journal of Management Information Systems*, let. 24, št. 3, str. 45–77, dec. 2007, doi: 10.2753/MIS0742-1222240302;PAGE:STRING:ARTICLE/CHAPTER.
- [19] T. S. Jones in R. C. Richey, »Rapid prototyping methodology in action: A developmental study«, *Educational Technology Research and Development*, let. 48, št. 2, str. 63–80, 2000, doi: 10.1007/BF02313401/METRICS.
- [20] J. S. Brenner idr., »Overuse Injuries, Overtraining, and Burnout in Young Athletes«, *Pediatrics*, let. 153, št. 2, feb. 2024, doi: 10.1542/PEDS.2023-065129.
- [21] K. Peffers, M. Rothenberger, T. Tuunanen, in R. Vaezi, »Design science research evaluation«, *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, let. 7286 LNCS, str. 398–410, 2012, doi: 10.1007/978-3-642-29863-9_29.

- [22] K. R. Larsen idr., »VALIDITY IN DESIGN SCIENCE«.
- [23] A. R. Hevner, S. T. March, J. Park, in S. Ram, »DESIGN SCIENCE IN INFORMATION SYSTEMS RESEARCH 1«, *Design Science in IS Research MIS Quarterly*, let. 28, št. 1, str. 75, 2004.
- [24] F. Ihsan, A. Nasrulloh, S. Nugroho, in R. Yuniana, »A review of the use of technology in sport coaching: current trends and future directions«, *Health, sport, rehabilitation*, let. 11, št. 1, str. 85–101, mar. 2025, doi: 10.58962/HSR.2025.11.1.85-101.

■

Luka Lah je magister organizator informatik z univerzitetno izobrazbo na področju športnega treniranja. Raziskovalni interesi so vezani na uporabo umetne inteligence in izboljšanjem procesov športne vadbe.