



Univerza v Mariboru

Fakulteta za elektrotehniko,
računalništvo in informatiko

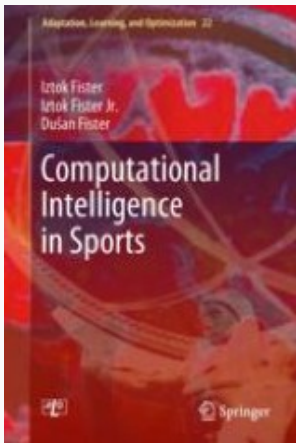
Umetna inteligenca v športu

Analiza zmogljivosti, optimizacija treninga in podpora odločanju

Iztok Fister, ml., E: iztok.fister1@um.si



To gradivo je na voljo pod licenco [Creative Commons BY-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).



To predavanje v veliki večini temelji na monografiji:

I. Fister, I. Fister Jr., D. Fister: Computational Intelligence in Sports. Adaptation, Learning, and Optimization, Vol. 22. Springer Nature Switzerland, 2019.

doi.org/10.1007/978-3-030-03490-0

Avtorji s Fakultete za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru so v knjigi sistematično povezali **računsko inteligenco** (evolucijski algoritmi, inteligenca rojev, strojno učenje) z **vedo o športnem treniranju**.

Agenda

1. Uvod v umetno inteligenco v športu
2. Analiza športnih podatkov
3. Optimizacija treninga z evolucijskimi algoritmi
4. Senzorski podatki in nosljive naprave v športu
5. Inteligentni sistemi za podporo odločanju

Predstavitev izobraževanja

Cilj: seznaniti udeležence z uporabo metod **umetne in računske inteligence** v športu
– zlasti pri:

- analizi zmogljivosti športnika,
- optimizaciji in planiranju treninga,
- podpori odločanju v športnih okoljih.

Rdeča nit

Kako pristopi podatkovne znanosti prispevajo k boljši uspešnosti športnika.

Komu je usposabljanje namenjeno

Ciljne skupine

- IT strokovnjaki
- Športniki
- Športni trenerji
- Strokovnjaki s področja medicine

Predznanje

- Ni potrebno predznanje programiranja
- Zanimanje za podatke v športu

Vrednost za ciljne skupine

Razumevanje sodobnih metod UI in računske inteligence v športu ter vpogled v njihovo praktično uporabo pri analizi zmogljivosti, optimizaciji treninga, preprečevanju poškodb in podpori odločanju, kar omogoča lažje prepoznavanje priložnosti za podatkovno podprte pristope v športni praksi.

Uvod v umetno inteligenco v športu

Zakaj UI v športu prav zdaj?



Arhitektura odkrivanja znanja v športu



Kaj je računska inteligenca (CI)?

Definicija

Računska inteligenca (CI) je družina algoritmov, ki rešujejo težke optimizacijske probleme po vzorih iz narave – kjer izčrpno iskanje ni izvedljivo zaradi časovne zahtevnosti.

CI je del širšega področja **umetne inteligence (UI)** in vključuje evolucijske algoritme, algoritme inteligence rojev, mehko logiko, umetne nevronske mreže in umetne imunske sisteme.

Trije viri navdiha



- **ANN** (umetne nevronske mreže) – posnemajo delovanje možganov.
- **EA** (evolucijski algoritmi) – posnemajo "boj za obstanek" (npr. genetski algoritem).
- **SI** (inteligenca rojev) – posnemajo kolektivno vedenje (čebele, mravlje, ptice).

Ključna področja uporabe v sodobnem športu

- **Analiza uspešnosti**

statistična in video analiza treningov in tekem

- **Spremljanje treninga**

senzorji, sledenje obremenitvi v realnem času

- **Preventiva poškodb**

zaznavanje prekomernega treniranja

- **Podpora odločanju**

trenerji, sodniki, zdravstveno osebje

Analiza športnih podatkov

Kakšne podatke imamo v športu?

Senzorski

GPS, srčni utrip,
pospeškometri

Video/slikovni

posnetki tekem,
analiza gibanja

Subjektivni

utrujenost, spanec,
razpoloženje

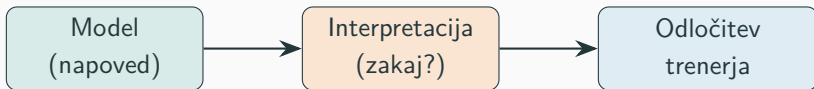
Tekmovalni

rezultati,
statistike

Funkcionalnosti podatkovnega rudarjenja delimo na:

- **opisne** – značilnosti, pogosti vzorci, asociativna pravila;
- **napovedne** – klasifikacija, regresija.

Interpretacija modelov: zakaj je pomembna?



Težava: trenerji in športniki praviloma niso usposobljeni za interpretacijo kompleksnih modelov podatkovnega rudarjenja.

Rešitev: *intelligentni sistemi* – aplikacije, ki delujejo kot "svetovalec" in domensko znanje vgradijo v samo orodje (več v 5. sklopu).

Optimizacija treninga z evolucijskimi algoritmi

Primer 1: Generiranje treninga iz arhiva aktivnosti

Vhod: arhiv preteklih treningov kolesarjev/tekačev ($\text{TRIMP}^* = \text{HR} \times \text{trajanje}$)

1. **Gručenje** (k-means) arhiva po intenzivnosti



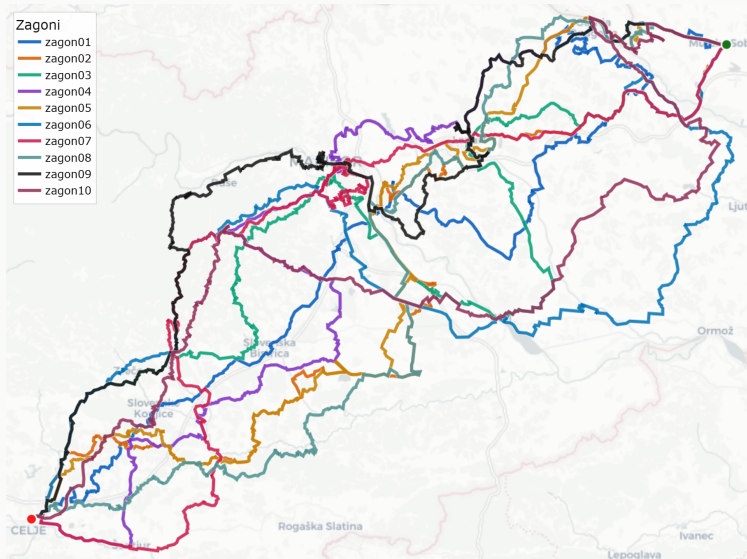
2. **Optimizacija** – razporeditev gruč v plan (DE, jDE, BA, HBA, PSO, FA)



3. **Vizualizacija** plana (GoogleMaps/OpenStreetMaps)

Cilj optimizacije: nizko-intenzivni treningi na začetku/koncu cikla, najbolj intenzivni na sredini.

Primer 1a: Graf lastnosti



Primer 2: Prilagajanje plana ob poškodbi (PSO)

Problem: kako prilagoditi trenažni plan, ko športnik izpusti treninge zaradi poškodbe, bolezni ali prekomerne utrujenosti?

Štirje temeljni principi teorije treniranja:

1. **Preobremenitev (overload)** – spodbuda za adaptacijo
2. **Prilagajanje plana** – spremenljiva intenzivnost/trajanje
3. **Specifičnost** – ohranjanje uravnoveženosti mišičnih skupin
4. **Reverzibilnost** – izguba pripravljenosti ob prekinitvi

Primer 3: Diferencialna evolucija za prehrano športnika

Cilj: avtomatska izdelava jedilnika glede na trenažni načrt.

1. Oceni **dnevne energijske potrebe** (kCal/kg/dan glede na intenzivnost)



2. Določi **razmerje hranil** (ogljikovi hidrati / beljakovine / maščobe)



3. **DE** izbere konkretna živila iz baze tako, da zadosti priporočilom

Kar smo spoznali

- DE, jDE – evolucijski algoritmi
- BA, HBA, PSO, FA – inteligenca rojev
- Vsi: populacija rešitev + funkcija uspešnosti

Kje se uporabljajo

- Generiranje trenažnih planov
- Prilagajanje planov ob motnjah
- Načrtovanje prehrane

Senzorski podatki in nosljive naprave v športu

Šest tipov senzorjev v športu

Obremenitveni

sila, pritisk
(npr. merilec moči)

Inercialni

pospeškometer,
giroskop

EKG

srčni utrip

Optični

hitrost, razdalja,
fotopletizmografija

Kotni/premikalni

sklepi, koordinacija

Tekstilni

senzorji v
športnih oblačilih

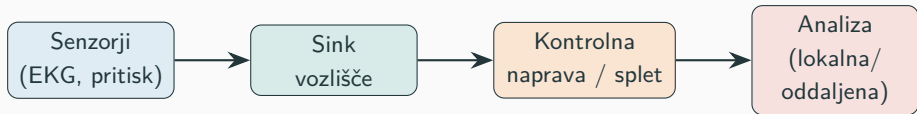
Kako so senzorji nameščeni?

Nošeni neposredno na telesu – ura, pas s srčnim utripom

Pritrjeni na opremo – merilec moči na kolesu, senzor v loparju

Vgrajeni v okolje – kamere, vidne senzorske mreže

Pot podatkov: od senzorja do analize



Trije načini prenosa: kabelski (USB), kratkega dosega (Bluetooth), dolgega dosega (Wi-Fi, LTE).

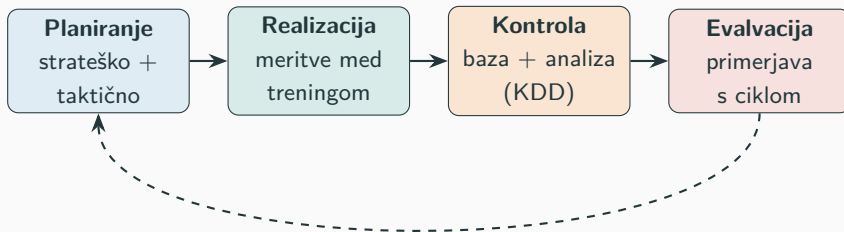
- **Zasebnost:** konstantno spremljanje športnika (tudi brez njegove zavesti o tem)
- **Pravičnost:** dostop do dragih senzorskih tehnologij ni enak za vse
- **Pravila igre:** npr. uporaba dronov za analizo nasprotnikov sproža vprašanja o "vohunjenju"
- **Zanesljivost:** točnost senzorjev ni vedno primerljiva z laboratorijsko opremo (EKG)

Ta vprašanja bomo poglobili v naslednjem sklopu pri inteligentnih sistemih za podporo odločanju.

Inteligentni sistemi za podporo odločanju

Umetni športni trener (AST) – celostni pogled

Artificial Sports Trainer (AST) združuje vse predstavljene CI algoritme v enoten sistem za podporo treningu.



Štiri faze sledijo teoriji športnega treniranja (Faza realizacije: senzorji iz 4. sklopa; faze planiranja in evalvacije: algoritmi iz 3. sklopa).

AST-Monitor v akciji



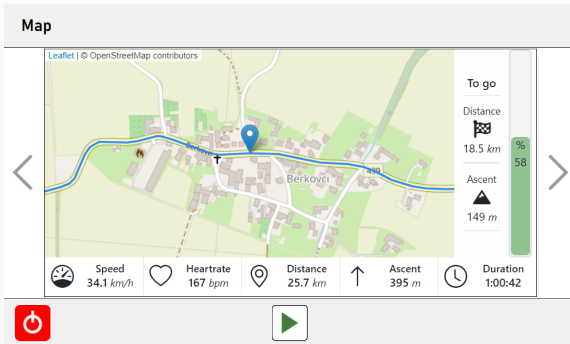
AST-Monitor je nosljivi kolesarski računalnik na osnovi Raspberry Pi, ki implementira koncept Umetnega Športnega Trenerja v praksi.

Ključne komponente:

- Raspberry Pi 4 (Raspbian OS)
- 5-palčni LCD zaslon na dotik
- USB ANT+ (srčni utrip)
- GPS modul (Adafruit)

[github: firefly-cpp/AST-Monitor](https://github.com/firefly-cpp/AST-Monitor)

AST-Monitor: Vmesnik med treningom



Grafični vmesnik v realnem času:

- Interaktivna karta z GPS sledjo
- Trenutna hitrost in srčni utrip
- Preostala razdalja in vzpon
- Primerjava s predvidenim srčnim utripom (Digital Twin)

Sistem na osnovi AST je bil uspešno testiran na resničnih kolesarskih treningih – primer **CI v praksi, ne samo v teoriji.**

Dve vrsti inteligentnih sistemov v športu

Modeliranje vadbe

Planiranje, spremljanje realizacije, analiza in prilagajanje treningov glede na trenutno zmogljivost športnika.

Primer: AST (kolesarstvo, triatlon)

Ekspertno diagnostično modeliranje

Laboratorijska analiza biomehanskih značilnosti in prilagajanje opreme (npr. vetrovni tunel za kolesarje, smučarje).

Drugi tip je manj primeren za vsakodnevno uporabo zunaj laboratorija – relevantno pri presoji o investiciji v opremo.

Zakaj umetni trener namesto človeškega?

Prednosti AST

- Objektivnost (brez subjektivne ocene)
- Dostopnost – poceni alternativa za amaterje
- Doslednost pri analizi velikih količin podatkov

Omejitve AST

- Trenutno predvsem individualni vzdržljivostni športi
- Ne nadomesti medicinske presoje pri poškodbah
- Potrebuje kakovostne vhodne podatke

Pomembno

AST je zasnovan kot **dopolnilo**, ne nujno zamenjava trenerja – še posebej pri ekipnih športih, kjer je potrebno vključiti ekspertno znanje trenerjev.

Etični izzivi uvajanja UI v šport

- **Zasebnost podatkov:** kdo je lastnik podatkov o zdravju in zmogljivosti športnika?
- **Objektivnost vs. odgovornost:** kdo odgovarja, če algoritem napačno prilagodi trening in pride do poškodbe?
- **Transparentnost:** ali lahko trener/športnik razume, zakaj je sistem predlagal določeno odločitev?
- **Enakost dostopa:** ali napredne tehnologije poglobljajo razkorak med profesionalnimi in amaterskimi športniki?

Ta vprašanja niso le teoretična – so ključna pri vsakem uvajanju podatkovno podprtih rešitev v organizacijo.

Organizacijski izzivi pri uvajanju

Kakovost in standardizacija podatkov (formati GPX/TCX, manjkajoči podatki)

Usposobljenost kadra za interpretacijo rezultatov modelov

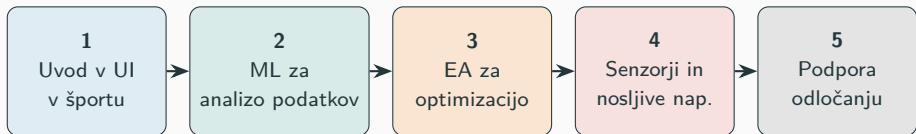
Integracija z obstoječo programsko opremo in delovnimi procesi

Sprejemanje s strani uporabnikov (trenerjev, športnikov)

- Bolj **personalizirano planiranje** treningov za specifične tekmovalne cilje
- Razvoj na področju **prepoznavanja prekomernega treniranja** (overtraining)
- Razširitev iz individualnih na **ekipne športe** z vključitvijo ekspertnega znanja
- Razvoj **razširjene in navidezne resničnosti** za analizo in trening
- Senzorji kot "tretji sodnik" – goal-line tehnologija, objektivnejše sojenje

Zaključek

Povzetek petih sklopov



Od **podatka** preko **algoritma** do **odločitve** – v vsakem koraku CI prispeva objektivnost in skalabilnost.

Priporočene reference

Glavni vir predavanja:

I. Fister, I. Fister Jr., D. Fister. *Computational Intelligence in Sports*. Springer, 2019.

doi.org/10.1007/978-3-030-03490-0

Članki za nadaljnje branje (kliknite za dostop):

- Hliš et al. **Digital twins in sport: Concepts, taxonomies, challenges and practical potentials.** *(full text PDF)*
- Lukač, Fister Jr., Fister. **Digital Twin in Sport: From an Idea to Realization.** *Applied Sciences* 12.24 (2022). *(full text PDF)*
- Rajšp, Fister. **Property Graph Framework for Geographical Routes in Sports Training.** *(full text PDF)*

Hvala za pozornost.

Vprašanja in razprava