

КОМИСИЈА ЗА ОЦЕНУ НАУЧНЕ ЗАСНОВАНОСТИ ТЕМЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ - ФАКУЛТЕТА СПОРТА И ФИЗИЧКОГ ВАСПИТАЊА

Предмет: Извештај комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације Јелене Алексић, студенткиње са програма докторских студија.

Наставно-научно веће Универзитета у Београду - Факултета спорта и физичког васпитања на 11. седници одржаној 8. маја 2025. године, у складу са чланом 32 Правилника о докторским академским студијама - пречишћен текст (02- бр. 532/22-4 од 9. новембра 2022. године) и чланом 41-43 Статута Универзитета у Београду – Факултета спорта и физичког васпитања - пречишћен текст (02-бр. 151/24-8 од 19. децембра 2024. године), на предлог Већа докторских академских студија (02-бр. 607/25-2 од 29. априла 2025. године), донело је Одлуку о формирању Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације студенткиње докторских академских студија **Јелене Алексић**, под насловом: **“FEASIBILITY OF AI-BASED MARKERLESS MOTION CAPTURE FOR ASSESSING MOVEMENT QUALITY (ПРИМЕНЉИВОСТ АУТОМАТСКЕ ДЕТЕКЦИЈЕ КРЕТАЊА ЗАСНОВАНЕ НА ВЕШТАЧКОЈ ИНТЕЛИГЕНЦИЈИ У ПРОЦЕНИ КВАЛИТЕТА ПОКРЕТА)“**.

Комисија је формирана у саставу:

1. др Оливера Кнежевић, доцент, Универзитет у Београду – Факултет спорта и физичког васпитања, председник комисије
2. др Александар Недељковић, редовни професор, Универзитет у Београду – Факултет спорта и физичког васпитања, члан
3. др Филип Бечановић, научни сарадник, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет, члан

Након прегледа достављеног материјала Комисија подноси Наставно-научном већу следећи:

ИЗВЕШТАЈ

Биографски подаци

Јелена Алексић је рођена 17. марта 1993. године у Краљеву, Србија. Завршила је основне и мастер академске студије на Факултету спорта и физичког васпитања, Универзитет у Београду, где тренутно похађа и докторске академске студије. Током основних студија, провела је један семестар студирајући медицину на Мидвеј универзитету у Кентакију, САД. Од 2023. године, Јелена је запослена као истраживач-приправник у Методичко-истраживачкој лабораторији (МИЛ) при Факултету спорта и физичког васпитања, Универзитета у Београду. Њена примарна област истраживања се односи на примену вештачке интелигенције у биомеханичкој анализи кретања у спорту и рехабилитацији.

Учествовала је у различитим интердисциплинарним пројектима и институционалним сарадњама, укључујући Еразмус+ пројекат „RESUPERES: Предлог интервенције за развој резилијентности у високом образовању“ (2023–2025) и пројекат „Стратегије за превенцију прогресије когнитивних поремећаја“ (2023–2027), у сарадњи са Центром за поремећаје памћења и деменцију Медицинског факултета Универзитета у Београду.

Поред научног ангажмана, Јелена је сертификовани ACROVINYASA™ инструктор јоге, као и носилац међународно-признатих сертификата за стране језике (TOEFL за енглески и DELF B1 за француски језик). Јелена такође поседује напредне техничке вештине у коришћењу софтвера за графички дизајн, видео монтажу и 3Д моделовање, као и у раду са савременим платформама за веб маркетинг и развој дигиталног садржаја.

Научно истраживачки рад

Досадашња научно-истраживачка активност Јелене Алексић се огледа у објављивању 16 научних радова у међународним часописима и 9 радова на научним конференцијама. Списак најзначајнијих публикација је приложен у наставку:

- **Aleksic, J.**, Mesaroš, D., Kanevsky, D., Knežević, O. M., Cabarkapa, D., Faj, L., & Mirkov, D. M. (2024). Advancing Field-Based Vertical Jump Analysis: Markerless Pose Estimation vs. Force Plates. *Life*, 14(12), 1641.
- **Aleksic, J.**, Kanevsky, D., Mesaroš, D., Knezevic, O.M., Cabarkapa, D., Bozovic, B., Mirkov, D.M. (2024). Validation of Automated Countermovement Vertical Jump Analysis: Markerless Pose Estimation vs. 3D Marker-Based Motion Capture System. *Sensors*, 24(20), 6624.
- **Aleksić, J.**, Gkatzaveli, S., Tasić, L., Obrenović, M., Stojanović, N., & Ćuk, I. (2023). The concurrent validity of motion X-ray technology utilizing Polar Verity Sense to measure velocity, force, and power – Pilot study. *TEME*, 47(3), 717-733.
- Cabarkapa, D., Johnson, Q. R., **Aleksic, J.**, Cabarkapa, D. V., Philipp, N. M., Sekulic, M., Krsman, D., Trunic, N., & Fry, A. C. (2024). Comparison of vertical jump and sprint performances between 3 × 3 and 5 × 5 elite professional male basketball players. *Frontiers in Sports and Active Living*, 6.
- Cabarkapa, D. V., Cabarkapa, D., **Aleksic, J.**, & Fry, A. C. (2024). Does the short-term learning effect impact vertical jump performance assessment on a portable force plate system? *Frontiers in Sports and Active Living*, 6.

Предлог теме докторске дисертације

Јелена Алексић је за израду докторске дисертације предложила тему “FEASIBILITY OF AI-BASED MARKERLESS MOTION CAPTURE FOR ASSESSING MOVEMENT QUALITY (ПРИМЕНЉИВОСТ АУТОМАТСКЕ ДЕТЕКЦИЈЕ КРЕТАЊА ЗАСНОВАНЕ НА ВЕШТАЧКОЈ ИНТЕЛИГЕНЦИЈИ У ПРОЦЕНИ КВАЛИТЕТА ПОКРЕТА)“. У складу са чланом 31. Ставом 2. Правилника о докторским академским студијама, 23.05.2024. године је пред члановима Већа докторских академских студија одржана јавна презентација предлога пројекта докторске дисертације. На основу презентације, предлог теме и пројекат истраживања за израду докторске дисертације позитивно су оцењени.

Образложење теме

Предмет, циљ и хипотезе истраживања

Квалитет кретања представља један од основних показатеља моторичке ефикасности, спортских перформанси и ризика од повреда, и као такав има кључну улогу у спортској дијагностици и процесу рехабилитације (Bishop et al., 2018; Kotsifaki et al., 2022). С обзиром на то да је људско кретање резултат сложене интеракције биомеханичких, неуролошких и физиолошких механизма, његова адекватна процена не може се заснивати искључиво на излазним параметрима као што су висина скока или време трчања (Xu et al., 2023). Уместо тога, неопходно је спровести детаљну биомеханичку анализу кретних образаца и варијабли које их описују, како би се добио потпунији увид у квалитет кретања (Walsh et al., 2012).

Оваква анализа се традиционално спроводи у лабораторијским условима, уз примену напредних инструмената као што су тродимензионални (3Д) оптички системи и тензиометријске платформе, који се сматрају „златним стандардом“ у кинематичкој и кинетичкој анализи кретања (Yang et al., 2024). Међутим, њихова примена у теренским условима је у великој мери ограничена због високих трошкова набавке и одржавања опреме, ограничене преносивости и потребе за специјализованим стручним кадром који рукује опремом и обрађује прикупљене податке (Das et al., 2023). Додатно, 3Д оптички системи захтевају постављање рефлектујућих маркера на тело испитаника, што може да наруши природност самог кретања и утиче на добијене резултате (Yang et al., 2024).

Последњих година, захваљујући убрзаном развоју технологија компјутерског вида и вештачке интелигенције (AI), отварају се нове могућности за анализу кретања без употребе физичких маркера (Uhlrich et al., 2023). Иако су софистицирани системи као што су Dari Motion и Theia 3D већ доказали своју тачност и применљивост у лабораторијским условима (Wren et al., 2023), њихова примена и даље подразумева значајне финансијске и техничке ресурсе. Истовремено, напредак у технологији мобилних телефона омогућио је снимање квалитетних видео записа при високој фреквенцији снимања (120 и 240 кадрава у секунди), отварајући простор за приступачнију примену ових алата у теренским условима (Pueo et al., 2020).

У оквиру доступних алата за видео анализу, Kinovea је постала широко прихваћена захваљујући једноставном корисничком интерфејсу и могућности полу-аутоматизоване анализе кинематичких параметара (Nor Adnan et al., 2018; Puig-Diví et al., 2019). Ограничење ове методе се огледа у потреби за ручним означавањем референтних тачака и кључних фаза кретања, што од корисника захтева одређено време (Caseiro-Filho et al., 2023). Међутим, овај алат и даље представља приступачну опцију за кориснике који немају могућност коришћења напреднијих алата. Насупрот томе, решења заснована на вештачкој интелигенцији, као што су OpenPose, MMPose и OpenCap, омогућавају потпуно аутоматизовану идентификацију телесних сегмената и израчунавање значајног броја релевантних биомеханичких варијабли (Yang et al., 2024; Svetek et al., 2025).

Ови алати представљају потенцијално револуционарну алтернативу класичним лабораторијским системима, јер омогућавају детаљну анализу квалитета кретања у реалним, теренским условима, при знатно нижим трошковима и без сложене техничке

инфраструктуре. Међутим, остаје отворено питање у којој мери су ови алати довољно поуздани и валидни у различитим спортским и клиничким контекстима. Постојећа литература најчешће је фокусирана на њихову валидност у анализи основних варијабли попут висине скока (Aderinola et al., 2023; Balsalobre-Fernández et al., 2014; Caseiro-Filho et al., 2023; Nor Adnan et al., 2018; Pueo et al., 2020), занемарујући комплексније кинематичке параметре који би могли дати потпунију слику о квалитету кретања. Такође, већина претходних студија базирана је на једноставним, праволинијским задацима као што су ходање или трчање (Ceriola et al., 2023; D'Antonio et al., 2023; Hii et al., 2023; Mundt et al., 2023; Needham et al., 2021), док су сложенији и експлозивни покрети значајно мање истражени (Balsalobre-Fernández et al., 2014; Caseiro-Filho et al., 2023; Nor Adnan et al., 2018; Pueo et al., 2020).

Поред тога, у великом броју радова анализа се базира на кретање центра масе, док је анализа кретања појединачних сегмената често занемарена, иако потенцијално може указати на специфичне стратегије кретања и моторичке неефикасности (Nor Adnan et al., 2018; Pueo et al., 2020). Додатно ограничење постојеће литературе је недостатак јасно дефинисаних и стандардизованих протокола за спровођење видео-анализе, што доводи до изражене варијабилности резултата. Нарочито је овај проблем изражен код алата као што је Kinovea, где на тачност резултата могу значајно утицати субјективност и искуство мериоца, употреба визуелних маркера и квалитет снимљених материјала (Caseiro-Filho et al., 2023; Puig-Diví et al., 2019). Из наведеног проистиче јасна потреба за систематичним истраживањем поузданости, валидности и практичне применљивости ових алата у реалним спортским и клиничким окружењима (Yang et al., 2024).

Проблем којим се ово истраживање бави односи се на изазов спровођења поуздане и тачне кинематичке анализе у реалним, теренским условима, с обзиром на то да традиционалне лабораторијске методе, услед високе цене, сложене техничке инфраструктуре и потребе за стручним кадром, често нису практичне за редовну примену у спорту и рехабилитацији.

Предмет истраживања представља испитивање применљивости аутоматизованих решења за детекцију кретања заснованих на видео снимцима направљеним мобилним телефоном, у сврху процене квалитета кретања без употребе физичких маркера.

Циљ истраживања је да се процени поузданост и валидност две методе за видео-анализу кретања без употребе маркера, односно: Kinovea, као представника једноставних полу-аутоматизованих решења, и MMPose, као напредног решења за аутоматску детекцију кретања, заснованог на вештачкој интелигенцији. Истраживање има за циљ да утврди у којој мери ове две методе могу представљати поуздану и практично применљиву алтернативу класичним лабораторијским системима у анализи квалитета кретања, како у спорту, тако и у рехабилитацији.

Како би се испунио главни циљ, потребно је:

1. Испитати степен конзистентности и сагласности између метода видео анализе (Kinovea и MMPose) и лабораторијских система који се сматрају ”златним стандардом”.

2. Истражити факторе који могу утицати на тачност процене засноване на видео анализи, као што су искуство мериоца, употреба визуелних маркера, фреквенција снимања (120 или 240 кадра у секунди) и биомеханички модел који се користе за анализу кретања.

У складу са постављеним циљем, планиране су три експерименталне фазе у оквиру којих ће се испитати поузданост и валидност два решења за видео-анализу кретања без употребе маркера (Kinovea и MMPose):

Фаза 1. Испитивање стабилности и тачности биомеханичког модела у идентификацији положаја током једноставних, контролисаних кретних задатака – *Експеримент 1*

Фаза 2. Испитивање стабилности и тачности биомеханичког модела у детекцији и праћењу динамичких кретних задатака у контролисаним, лабораторијским условима – *Експеримент 2*

Фаза 3. Испитивање стабилности и тачности биомеханичког модела у детекцији и праћењу динамичких кретних задатака у теренским условима – *Експеримент 3*

ХИПОТЕЗЕ ИСТРАЖИВАЊА

У оквиру ове студије постављене су следеће хипотезе које ће бити испитане у све три експерименталне фазе:

X1: Методе видео-анализе (Kinovea и MMPose) показују високу конзистентност унутар и између поновљених мерења код свих кључних кинематичких параметара.

X2: Резултати добијени видео анализом (Kinovea и MMPose) су високо сагласни са резултатима добијеним из лабораторијских система који се сматрају "златним стандардом", како у лабораторијским, тако и у теренским условима, што указује на њихову практичну применљивост у процени квалитета покрета.

X3: Тачност видео анализе зависи од специфичних фактора као што су биомеханички модел, искуство мериоца, употреба визуелних маркера и услови снимања (нпр. број кадра у секунди, поставка мерења, и слично).

МЕТОДЕ

У оквиру све три експерименталне фазе планирано је учешће 30 испитаника оба пола, узраста од 20 до 30 година, чије ће ангажовање бити добровољно. Критеријуми за укључивање испитаника подразумеваће: (1) очувану функцију мишићно-коштаног, кардио-васкуларног и неуролошког система, (2) редовну физичку активност (рекреативни ниво), и (3) претходно искуство са моторичким тестовима који ће бити примењени у истраживању. Сва лабораторијска мерења која су предвиђена за прву и другу експерименталну фазу биће спроведена у Методичко-истраживачкој лабораторији (МИЛ), Факултета спорта и

физичког васпитања, Универзитета у Београду. Након тога, мерења у теренским условима која су предвиђена за трећу експерименталну фазу, биће реализована у спортској хали истог факултета.

У оквиру прве експерименталне фазе испитиваће се једноставни кретни задаци који укључују: стајање у месту, одручење, узручење, подизање испружене ноге из лежећег положаја, тест дорзифлексије у положају искорака, и тест дорзифлексије/плантарне флексије у седећем положају. Друга експериментална фаза обухватаће различите типове скокова, и то: скок са почучњем, скок из чучња, једноножни скок са почучњем и скок удаљ из места. Док ће трећа експериментална фаза укључити сложене, динамичке задатке као што су спринт на 10 метара и 5-0-5 тест промене правца.

Свака експериментална фаза обухватаће две сесије мерења, спроведене у два одвојена дана, у циљу процене поузданости метода видео-анализе (Kinovea и MMPose) унутар и између мерења. Ради обезбеђивања конзистентности, као и оптималних услова осветљења за снимање, поновљена мерења ће бити организована у истом временском интервалу за сваког испитаника, у јутарњим или раним поподневним часовима.

Поред тога, биће спроведена и засебна сесија за валидацију метода видео-анализе (Kinovea и MMPose) у поређењу са „златним стандардом“. Сваки покушај биће истовремено сниман мобилним телефоном и лабораторијским системом, који ће бити претходно калибрисан у складу са упутствима произвођача. Ради истовременог започињања снимања, камера на мобилном телефону ће бити синхронизована са лабораторијским системом путем ручног окидача (бежични прекидач). Све експерименталне сесије биће реализоване од стране искусног истраживача.

Процедуре и варијабле које ће бити анализирани у оквиру сваке експерименталне фазе детаљно су описани у предлогу пројекта кандидаткиње Јелене Алексић и омогућавају потпуну репликацију експеримента.

У циљу провере истраживачких хипотеза примењиваће се следеће статистичке процедуре:

- За проверу X1 (поузданост унутар и између мерења) користиће се релативни и апсолутни показатељи поузданости, укључујући интракласни корелациони коефицијент (ICC) са интервалом поверења од 95%, стандардну грешку мерења (SEM) и коефицијент варијације (CV%).
- За проверу X2 (валидност мерења) користиће се Пирсоновог коефицијент корелације (r), средња квадратна грешка (RMSE) и Bland-Altman анализа.
- За проверу X3 (утицај специфичних фактора) користиће се двофакторска анализа варијансе за поновљена мерења (RM ANOVA) и процена величине ефекта (Cohen d). Поред тога примениће се и линеарна регресиона анализа где ће на основу добијених параметара бити могуће извршити корекцију резултата применом регресионе функције.

Ниво статистичке значајности биће постављен на $p < 0.05$ за све статистичке анализе.

Очекивани резултати и научни допринос

Ова студија ће дати значајан теоријски и практични допринос области спортске биомеханике и дијагностике, посебно у оквиру развоја и валидације приступачних и лако применљивих алата за процену квалитета кретања ван лабораторијских услова.

Са теоријског аспекта, ово истраживање ће допринети обогаћивању постојеће научне литературе кроз испитивање поузданости и валидности метода процене положаја тела без употребе маркера, заснованих на вештачкој интелигенцији. Успостављањем јасног и поновљивог методолошког оквира, као и применом регресионих модела за корекцију резултата добијених видео-анализом, студија ће унапредити тачност мерења и практичну применљивост видео-анализе у процени квалитета кретања.

Поред научног доприноса, резултати овог истраживања имаће значајну практичну вредност, јер ће омогућити стручњацима из области спорта и рехабилитације да спроводе биомеханичке анализе у теренским условима, без потребе за скупим и тешко доступним лабораторијским системима. Путем валидације једноставнијег алата као што је Kinovea и технолошки напреднијег решења заснованог на MMPose, студија ће подржати њихову ширу примену у складу са различитим потребама праксе. Поред тога, примена ових алата ће значајно унапредити процес доношења благовремених и информисаних одлука у оквиру тренажног или рехабилитационог процеса. Посебна вредност огледа се и у раном откривању асиметрија и компензационих образаца кретања, који могу указати на повећан ризик од повреда.

Поред тога, резултати овог истраживања омогућиће ширу примену биомеханичке дијагностике код различитих популација, почев од младих спортиста и рекреативаца до пацијената у клиничкој пракси. На тај начин, студија ће допринети бољој интеграцији научних сазнања у свакодневну праксу и подржати развој прилагођених интервенција заснованих на релевантним и стручно утемељеним информацијама.

Предложена литература

Кандидаткиња је у библиографији навела 66 библиографских јединица. Предложена литература је актуелна и највећи број јединица припада примарним научним изворима. У наставку је приказан део библиографије:

1. Aderinola, T. B., Younesian, H., Whelan, D., Caulfield, B., & Ifrim, G. (2023). Quantifying jump height using markerless motion capture with a single smartphone. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2302.10749>
2. Balsalobre-Fernández, C., Tejero-González, C. M., del Campo-Vecino, J., & Bavaresco, N. (2014). The concurrent validity and reliability of a low-cost, high-speed camera-based method for measuring the flight time of vertical jumps. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(2), 528–533. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318299a52d>
3. Bishop, C., Read, P., McCubbine, J., & Turner, A. (2018). Vertical and horizontal asymmetries are related to slower sprinting and jump performance in elite youth female soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*.
4. Caseiro-Filho, L. C., Girasol, C. E., Rinaldi, M. L., Lemos, T. W., & Guirro, R. J. (2023). Analysis of the accuracy and reliability of vertical jump evaluation using a low-cost acquisition

system. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 15(1), 43.
<https://doi.org/10.1186/s13102-023-00734-w>

5. Ceriola, L., Mileti, I., Donati, M., & Patanè, F. (2023). Comparison of video-based algorithms for 2D human kinematics estimation: A preliminary study. *Journal of Physics: Conference Series*, 2590, 012002.
6. D'Antonio, E., Taborri, J., Mileti, I., Rossi, S., & Patane, F. (2021). Validation of a 3D markerless system for gait analysis based on OpenPose and two RGB webcams. *IEEE Sensors Journal*, 21(15), 17064-17075.
7. Das, K., de Paula Oliveira, T., & Newell, J. (2023). Comparison of markerless and marker-based motion capture systems using 95% functional limits of agreement in a linear mixed-effects modelling framework. *Scientific Reports*, 13(1), 22880. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-49360-2>
8. Hii, C. S. T., Gan, K. B., Zainal, N., Mohamed Ibrahim, N., Azmin, S., Mat Desa, S. H., van de Warrenburg, B., & You, H. W. (2023). *Automated gait analysis based on a marker-free pose estimation model*. *Sensors*, 23(14), 6489.
9. Kotsifaki, A., Van Rossom, S., Whiteley, R., Korakakis, V., Bahr, R., Sideris, V., & Jonkers, I. (2022). Single leg vertical jump performance identifies knee function deficits at return to sport after ACL reconstruction in male athletes. *British Journal of Sports Medicine*, 56(9), 490–498. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-103596>
10. Mundt, M., Born, Z., Goldacre, M., & Alderson, J. (2023). Estimating ground reaction forces from two-dimensional pose data: A biomechanics-based comparison of AlphaPose, BlazePose, and OpenPose. *Sensors*, 23(1), 78.
11. Needham, L., Evans, M., Cosker, D. P., Wade, L., McGuigan, P. M., Bilzon, J. L., & Colyer, S. L. (2021). The accuracy of several pose estimation methods for 3D joint centre localisation. *Scientific Reports*, 11, 20673.
12. Nor Adnan, N. M., Ab Patar, M. N. A., Lee, H., Yamamoto, S. I., Jong-Young, L., & Mahmud, J. (2018). Biomechanical analysis using Kinovea for sports application. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 342(1), 012097. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/342/1/012097>
13. Pueo, B., Penichet-Tomas, A., & Jimenez-Olmedo, J. M. (2020). Validity, reliability and usefulness of smartphone and kinovea motion analysis software for direct measurement of vertical jump height. *Physiology & behavior*, 227, 113144. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2020.113144>
14. Puig-Diví, A., Escalona-Marfil, C., Padullés, J., Busquets Faciabén, A., Padullés, X., & Marcos-Ruiz, D. (2019). Validity and reliability of the Kinovea program in obtaining angles and distances using coordinates in 4 perspectives. *PLOS ONE*, 14(5), e0216448. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216448>
15. Svetek, A., Morgan, K., Burland, J., & Glaviano, N. R. (2025). Validation of OpenCap on lower extremity kinematics during functional tasks. *Journal of Biomechanics*, 183, 112602. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2025.112602>
16. Uhlrich, S. D., Falisse, A., Kidziński, Ł., Muccini, J., Ko, M., Chaudhari, A. S., ... & Delp, S. L. (2023). OpenCap: Human movement dynamics from smartphone videos. *PLOS Computational Biology*, 19(10), e1011462. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1011462>
17. Walsh, M., Boling, M. C., McGrath, M., Blackburn, J. T., & Padua, D. A. (2012). Lower extremity muscle activation and knee flexion during a jump-landing task. *Journal of Athletic Training*, 47(4), 406–413.

18. Wren, T. A. L., Isakov, P., & Rethlefsen, S. A. (2023). Comparison of kinematics between Theia markerless and conventional marker-based gait analysis in clinical patients. *Gait & Posture*, 104, 9–14. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2023.05.029>
19. Xu, J., Turner, A., Comyns, T. M., Harry, J. R., Chavda, S., & Bishop, C. (2023). Countermovement rebound jump: A comparison of joint work and joint contribution to the countermovement and drop jump tests. *Applied Sciences*, 13(19), 10680. <https://doi.org/10.3390/app131910680>
20. Yang, H. S. (2024). Advances in markerless motion capture systems: A review of OpenCap and its applications. *Asian Journal of Kinesiology*, 26(4), 42–47. <https://doi.org/10.15758/ajk.2024.26.4.42>

Закључак

Предлог пројекта кандидаткиње Јелене Алексић припремљен је на основу актуелне и релевантне научне литературе, што је омогућило јасно дефинисање истраживачког проблема. Предложена тема дисертације представља иновативан и научно утемељен приступ у домену спортске биомеханике и дијагностике, са значајним потенцијалом за примену у пракси. Циљеви и хипотезе су формулисани јасно и детаљно, у складу са предметом истраживања, док је предложена методологија пажљиво осмишљена и адекватно разрађена. Планирано истраживање обухвата три експерименталне фазе које ће се реализовати у лабораторијским и теренским условима, што омогућава свеобухватну процену поузданости и валидности две методе видео-анализе кретања без употребе физичких маркера, односно једноставнијег, полу-аутоматизованог решења (Kinovea) и напреднијег, аутоматизованог решења заснованог на вештачкој интелигенцији (MMPose). Посебна вредност истраживања огледа се у испитивању практичне применљивости ових решења у реалним условима, уз широку доступност и ниске трошкове примене у односу на стандардне лабораторијске системе.

Предложено истраживање одликује се високим степеном научне заснованости и практичне вредности, јер отвара могућности за унапређење алата за процену квалитета кретања у спортској и клиничкој пракси. Истраживање такође представља значајан допринос интеграцији савремених технолошких решења у спортску науку и омогућава развој будућих мултидисциплинарних приступа у овој области.

Предлажемо да Наставно-научно веће Факултета прихвати Извештај Комисије и утврди предлог Одлуке којом се одобрава тема докторске дисертације Јелене Алексић под насловом “FEASIBILITY OF AI-BASED MARKERLESS MOTION CAPTURE FOR ASSESSING MOVEMENT QUALITY (ПРИМЕНЉИВОСТ АУТОМАТСКЕ ДЕТЕКЦИЈЕ КРЕТАЊА ЗАСНОВАНЕ НА ВЕШТАЧКОЈ ИНТЕЛИГЕНЦИЈИ У ПРОЦЕНИ КВАЛИТЕТА ПОКРЕТА)” и у складу са позитивним законским прописима, упуту Већу друштвено-хуманистичких наука на разматрање.

Предлог ментора, сагласност ментора и списак његових радова

С обзиром на природу проблема којим се кандидат бави у образложењу теме докторске дисертације, као и на сарадњу током припреме истраживања, предлажемо да ментор у реализацији пројекта докторске дисертације буде др Драган Мирков, редовни професор, Универзитет у Београду – Факултет спорта и физичког васпитања.

Др Драган Мирков, редовни професор, испуњава услове предвиђене Стандардима за акредитацију студијских програма докторских студија и сагласан је да, по предложеној теми, буде ментор у реализацији докторске дисертације Јелене Алексић.

У прилогу достављамо списак изабраних радова које је др Драган Мирков, редовни професор, објавио у међународним научним часописима у последњих пет година. Радови припадају научној области физичког васпитања и спорта и непосредно су повезани са предложеном темом докторске дисертације. Конкретно, истраживања обухватају валидацију и примену савремених технологија за процену моторичких способности, биомеханичку анализу кретања, као и анализу метријских карактеристика лабораторијских и теренских тестова.

1. Aleksic, J., Mesaroš, D., Kanevsky, D., Knežević, O. M., Cabarkapa, D., Faj, L., & **Mirkov, D. M.** (2024). Advancing Field-Based Vertical Jump Analysis: Markerless Pose Estimation vs. Force Plates. *Life*, 14(12), 1641. <https://doi.org/10.3390/life14121641>
2. Aleksic, J., Kanevsky, D., Mesaroš, D., Knezevic, O.M., Cabarkapa, D., Bozovic, B., **Mirkov, D.M.** (2024). Validation of Automated Countermovement Vertical Jump Analysis: Markerless Pose Estimation vs. 3D Marker-Based Motion Capture System. *Sensors*. 24(20), 6624. <https://doi.org/10.3390/s24206624>
3. Anicic, Z., Janicijevic, D., Knezevic, O. M., Garcia-Ramos, A., Petrovic, M. R., Cabarkapa, D., & **Mirkov, D. M.** (2023). Assessment of Countermovement Jump: What Should We Report?. *Life (Basel, Switzerland)*, 13(1), 190. Milic, M.,
4. Mirković, S. V., Đurić, S., Sember, V., Knezevic, O. M., Pajek, M., Mirković, M. M., & **Mirkov, D. M.** (2022). Evaluation of the Limb Symmetry Index: The Side Hop Test. *Frontiers in Physiology*, 13, 874632.
5. Živković, A., Marković, S., Cuk, I., Knežević, O. M., & **Mirkov, D. M.** (2025). Reliability and Validity of Key Performance Metrics of Modified 505 Test. *Life*, 15(2), 198. <https://doi.org/10.3390/life15020198>

У Београду, 06.06.2025. године

Чланови комисије:

др Оливера Кнежевић, доцент,
Универзитет у Београду – Факултет спорта и физичког васпитања, председник
комисије

др Александар Недељковић, редовни професор,
Универзитет у Београду – Факултет спорта и физичког васпитања, члан

др Филип Бечановић, научни сарадник,
Универзитет у Београду, Електротехнички факултет, члан