

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационния труд на Илия Кючуков на тема „Биомеханични модели на безопорната фаза на гимнастически упражнения с комбиниране на ротационни движения“ за присъждане на научната степен „Доктор на науките“.

Рецензент: проф. инж. Здравко Петров Аракчийски, доктор

Въпросът за усъвършенстването на спортната техника и повишаване на ефективността на двигателните действия винаги е стоял на вниманието на спортните специалисти. Изследването на спортните движения и постижения революционно е преобразено посредством използването на все по-усъвършенстващите се компютърни технологии и прилежащия софтуер. Във всяка спортна дисциплина кинематичните и динамични параметри на движенията се изследват, моделират и симулират с цел да се подобри спортното постижение и ефективността на движенията. В този аспект компютърното моделиране и симулация на човешките движения имат все по-нарастваща роля в спорта и рехабилитацията. Две от най-важните приложения в спорта включват оптимизиране на спортната техника и намаляване рискът от травми. От друга страна обаче опорно-двигателният апарат на човека е една сложна система, която все още има много нерешени въпроси. Изследването на човешките движения е усложнено от големият брой степени свобода на тялото (~ 244), както и от още по-големият брой на мускулите (над 600). Централната нервна система на човека явно е изправена пред много възможни начини за координиране на тези мускули и избор на различни стратегии за реализиране на дадено движение. За съжаление, знанията ни за двигателният контрол понастоящем са недостатъчни, за да се определи механизмът, чрез който се постига тази координация. Поради тази причина се използват много моделиращи, аналитични, експериментални и други подходи за изследване на вътрешно-силовата структура на двигателния апарат на човека и разпределението на силите между мускулите.

В контекста на гореказаното темата на дисертационния труд представлява сериозен научен интерес и очевидно има дисертабилна стойност. Обект на изследването са основни гимнастически упражнения,

съдържащи комбиниране на ротационни движения в безопорната си фаза. Предмет на труда са конкретните двигателни действия и двигателни стратегии, които е необходимо да се приложат от гимнастика за създаване и амортизация на ротацията около надлъжната му ос в безопорната фаза на неговото изпълнение, както и биомеханичните характеристики, обуславящи движението в тази фаза.

Представеният дисертационен труд е с обем от 314 стандартни страници. Онагледен е със 104 фигури в основния текст и 6 фигури и една таблица в приложение. Библиографията е впечатляваща, като включва 237 източника, от които 75 на кирилица и 162 на латиница.

Дисертацията е структурирана в класически план, като съдържа следните основни глави:

1. Увод, литературен обзор и работна хипотеза – 97 страници;
2. Цел, задачи, организация и методика – 32 страници;
3. Резултати и анализ – 144 страници;
4. Изводи и препоръки – 4 страници;
5. Ползвана литература – 22 страници;
6. Приложения – 11 страници.

В литературния обзор авторът демонстрира задълбочени познания върху изследваните проблеми. Критично са анализирани възгледите на авторите на част от използваните литературни източници по отношение прилаганата спортната техника при изпълнение на упражнения с комбиниране на ротации в безопорната фаза. С разбиране се дискутира този въпрос както при различни спортни дисциплини, така и основно при спортната гимнастика. Логично в заключителните бележки към този раздел се обосновава схващането, че вместо провеждане на множество експерименти с реалните физически обекти, много по-ефективен е подхода чрез провеждане на числени експерименти върху модел да се достигне до намирането на определена двигателна оптималност.

В следващия раздел на тази глава обширно и задълбочено е разгледано приложението на биомеханичните модели в спортната теория и практика, където кинематичните и динамични параметри на движенията се изследват, моделират и симулират с цел да се подобри спортното постижение и ефективността на движенията. Моделирането е процес на създаването на модели, изследването им и извличането на информация за оригинала. Основен принцип при моделирането е, че моделът трябва да

бъде възможно най-добро приближение към реалния обект. Така един ефективен модел трябва да се основава на теорията на надеждността. Също така пък, за да бъде използваем, моделът е по-добре да бъде възможно най-прост. Основната цел на моделирането е да се опишат опростено сложни системи, спомагайки за тяхното изучаване. По такъв начин по-простите модели осигуряват по-лесно това предназначение. Обаче при прекалено опростяване моделът може да се окаже неточен, така че нивото на опростяване трябва да се избира внимателно. Също така трябва да се има предвид, че моделирането не е без недостатъци. Така например, преди 1954 г. са съществували изобилие от биомеханични доказателства, които прогнозираха, че бягането на една миля е невъзможно под четири минути.

Тук авторът обосновава своя избор за модел чрез използване на правата задача на динамиката. При този подход движещите сили са посочени и целта е да се определи резултантното движение. Ако времевите серии на ставните ъгли се използват като задвижващи за модела, то резултантното движение ще се определя от движението на масовия център на цялото тяло и времевата серия от ориентациите на тялото. Когато един модел се използва по този начин, то той е известен като *симулационен* модел. Имайки предвид целта на изследването този избор е най-подходящ, тъй като задвижването от промяната на ставните ъгли симулационни модели обикновено се използват за симулиране на дейности, които не са ограничени от сила, като въздушната фаза на спортните движения.

По-нататък изчерпателно и подробно са разгледани етапите при проектирането и елементите на моделите, свързани със структурните им особености, данните за сегментите на човешкото тяло, начините за математично описание и проблемите при определяне ставната кинематика и ориентационните ъгли посредством ротационни и трансформиращи матрици. Тук като допълнение към фиг. 1.3. бих искал да изтъкна, че ориентационните ъгли ни дават удобството да получават конкретно физично значение като например салто, наклон и усукване (винт) на тялото. По този начин ротацията спрямо ос X представлява салто на цялото тяло, докато ротациите спрямо оси Y и Z на тялото представляват съответно наклон и усукване (винт).

Литературният обзор продължава с коректна дискусия относно начините за управление на моделите, съставяне и решаване на уравненията на движението, съображения и изисквания по отношение избора на подходяща програмна работна среда. Поради съществената важност съвсем закономерно е коментиран и въпросът за оценка на надеждността и пригодността на даден модел. По отношение на това на стр. 45-48 авторът използва термина „валидиране“, „валидацията“, които не ми звучат добре на български. И тук е по-удачно да се употреби „оценка“, както впрочем е направено в следващите глави на труда.

Съвсем закономерно с оглед тематиката на дисертационния труд задълбочено и аналитично са разгледани особеностите и техническите средства при моделиране на двигателни действия в опорна и безопорна фаза, както и методичните аспекти при обучението на упражнения с комбиниране на ротации.

Независимо от направените бележки и препоръки считам, че цялостният литературен обзор има сериозен приносен характер, тъй като по същество представлява научен анализ върху системните аспекти на взаимозависимостите на компютърното симулационно моделиране и приложението му за изучаване на механиката на спортната техника, начините за справяне с проблемите на оптимизацията и управлението на спортните движения и методиката на обучение.

На базата на така осъществения анализ систематично са обособени проблемите, очертани са възможностите на съвременните методи и средства за разрешаването им и е издигната работната хипотеза, обуславяща теоретико-приложните, експерименталните, методическите и спортно-технически аспекти на труда.

В глава 2 целта и задачите на разработката са дефинирани ясно и точно и следват логиката на поставените за разрешаване изследователски въпроси. Дадени и обяснени са предмета и етапите на организацията на проучването, като подробно са разгледани използваните научни методи в зависимост от целта и задачите на изследването. Подробно е описан избрания метод за математично моделиране при съставяне на симулационния модел и математичния формализъм, свързан с определяне на входните данни, ориентацията на сегментите на тялото, трансформационните матрици за преход от глобалната към локалните координатни системи, извеждане на уравненията на движението, като е

обяснен избрания подход за управление поведението на модела. Тук подходящо е избрана изчислителната среда на програмния пакет MATLAB за реализиране на симулациите на изследваните упражнения и визуално представяне на получените резултати от процеса на симулация. Впечатляващ е броя и обхвата на създадените собствени процедурни подпрограми, както и реализирания програмен векторен архив за управление на упражнения на различни гимнастически уреди и експериментални движения.

Към този раздел на труда имам някои бележки и препоръки. Например, в частта за управление на модела ъгловата скорост за всяка точка се получава посредством цифрово диференциране на ъгловите стойности за всеки подинтервал, като получената средна стойност на скоростта се присвоява на една от двете крайни точки. По този начин се получава времево дефазиране с половин интервал за стойността на избраната точка. Преодоляването на този проблем може да се реши посредством диференциране в рамките на всеки два съседни подинтервала, като получената стойност се присвоява на средната от трите точки, която е границата между двата подинтервала. Разбира се обаче, че в този случай се изискват ъглови стойности за точки извън глобалния времеви интервал. В тази връзка е и предложението ми по отношение получаването на ъгловите стойности за точките, извън регистрираните, посредством кубична сплайн функция. Действително от математична гледна точка е доказано, че тя се явява единствена функция, интерполираща дадените точки и имаща квадратично интегрируема втора производна. В този смисъл естественият кубичен сплайн е най-гладката от функциите, интерполираща интервалите между зададените точки. При естествените гранични условия обаче сплайнът се счита за линейна функция извън зададения интервал. Това ограничава възможността за прогнозиране в близката околност извън граничните точки. По този начин за биомеханични изследвания тя не осигурява необходимата достоверност между възлите, особено при „редки“ входни данни, каквито неминуемо се получават при видеорегистрация на ротационни движения, където местоположението на някои сегменти на тялото не се виждат в доста поредни кадри. За интерполация в подобни случаи е по-подходящо да се използва модифициран сплайн, при който двете условия за еднозначно определяне на сплайна да се получат от равенството на третите

производни на функцията и двете кубични криви, минаващи съответно през четирите първи и четирите последни от зададените точки.

Съображения имам и по отношение оценяването на модела. Оценката на модела е важна стъпка в процеса на разработване на симулационен модел и трябва да се извършва преди модела да се използва в приложения. По принцип, какъвто и метод да се използва за генериране на уравненията на движение, винаги е важно да се извършат проверки, за да се гарантира, че няма направени програмни грешки. В работата си авторът основно използва качествена оценка на пригодността на модела посредством визуално сравнение на степента на сходство на изображенията на реалното изпълнение и моделната симулация. Реализирана е също така и допълнителна количествена сравнителна оценка на аналитичните и симулационни резултати за страничния наклон през определен ъглов интервал на завъртане. Имайки предвид практическата цел на настоящата работа, това в случая може би е оправдано и е достатъчен атестат за пригодността на модела. Но все пак считам, че за по-точна оценка на резултатите би могло за ориентационните ъгли, посредством интервално оценяване, да се определят границите на доверителния интервал, в който попада определен процент от случаите с предварително зададена гаранционна вероятност. Също така за по-голяма сигурност и надеждност би могло да се използва и глобална функция, като например траекторията на центъра на масата на модела да описва парабола или ротационното количество движение спрямо центъра на масата да се запазва по време на безопорната фаза. От друга страна обаче, това съображение може да се приеме и като добро пожелание, тъй като през последните 30 години редица предложени симулационни модели са оценени до известна степен, докато много други въобще не са били оценявани.

Главата „Резултати и анализ“ се характеризира със своята значителна по обем експериментална работа и систематичен характер. Друга особеност тук е, че теоретичния и експерименталния анализи са интегрирани в изложението. Макар и да се различава от общоприетата структура за отделяне на тези раздели, считам, че поради обхванатия брой ротационни варианти на движения и гимнастически дисциплини, този подход е по-удачен в случая. Аз бих го определил дори като предимство, защото теоретичните постановки и получените резултати се дискутират

едновременно и по този начин читателя получава по-ясен и обусловен поглед върху експерименталните данни.

Последователно авторът поставя на анализ резултатите от симулациите на ротациите по време на безопорната фаза на упражненията. Впоследствие обширно и обосновано дискутира както вариантите за създаване на условия за въртливо движение около главните оси при различна конфигурация на сегментите на тялото, така и за тяхната амортизация при подготовката за приземяване. Като следствие са изведени конкретни практически насоки за поведение на определени части от тялото в процеса на обучение и усвояване на съответния тип движение.

С цел сравнителен анализ и обосновка на направените изводи са посочени и експериментални данни при инициране и амортизация на ротационно движение по време на опорната фаза.

Почти половината от тази глава е посветена на обсъждане на резултатите, получени при симулацията на различни упражнения в няколко гимнастически дисциплини. Тук авторът търси и обосновава подход за изграждане на ясни и прости за интерпретация модели на безопорните фази, които могат да се прилагат непосредствено в практическата дейност.

Направените изводи са научно обосновани и са пряко следствие от теоретичния и експериментален анализ.

Считам, че успешно са решени поставената цел и задачи.

Рецензирал съм доста дисертационни трудове и в повечето случаи те следват една и съща схема и се оказват по-близо до занаятчийството отколкото до науката. Случаят тук не е такъв. В резултатите и анализът им могат да се открият редица иновационни и оригинални моменти.

Наред с частно практичните приноси за усъвършенстване на учебно-тренировъчния процес се открояват и някои общо методични достижения, като:

1. Научен анализ върху системните аспекти на взаимозависимостите на компютърното симулационно моделиране и приложението му за изучаване на механиката на спортната техника и начините за справяне с проблемите на оптимизацията и управлението на спортните движения.

2. Реализираният 16 сегментен симулационен компютърен модел с 32 вътрешни и 6 външни степени на свобода осигурява нов методологичен

подход в процеса на спортната тренировка и подготовка на двигателни действия в безопорна фаза.

3. Теоретичната и експериментална разработка на програмната система за управление на модела и визуализация на резултатите дава възможност да се получи реална представа за начина на управление на двигателния потенциал и координацията на движенията на състезателите.

4. Предложени са модели на базови упражнения, постигането на които са основа за усвояване на по-сложни варианти по предлаганата последователност от двигателни програми за отделните нива на сложност.

Представените от кандидата данни за наукометричните показатели напълно отговарят на изискванията на ЗРАСРБ, Правилника за неговото приложение и Правилника за придобиване на научната степен „Доктор на науките“ в Национална Спортна Академия „Васил Левски“.

Авторефератът отразява цялостно и коректно дисертационния труд.

Заклучение

В заключение, независимо от направените забележки и препоръки считам, че с така разработения научен труд авторът се представя като завършен знаещ и можещ специалист, съчетаващ познанията си за спортно-състезателната практика и умелото и творческо прилагане на най-съвременните научно-технически средства.

С пълна убеденост предлагам на уважаемите членове на научното жури доц. Илия Димитров Кючуков да бъде удостоен с образователната и научна степен „Доктор на науките“ по професионално направление 7.6. Спорт.

06.01.2022 г.

София

Рецензент:

(проф. Здр. Аракчийски, доктор)

REVIEW

of the Iliya Kyuchukov dissertation work on " Biomechanical Models of Non-Support Phase of Gymnastics Elements with Combinations of Rotations" for the award of the scientific degree "Doctor of Science"

Reviewer: Prof. Eng. Zdravko Petrov Arakchiyski, Ph.D.

The issue of improving the sports-technical qualities and increasing the efficiency of movement actions has always been on the attention of sports specialists. The study of sports movements and achievements has been revolutionized through the use of ever-improving computer technology and related software. In each sport, the kinematic and dynamic parameters of the movements are studied, modeled and simulated in order to improve the sporting achievement and the efficiency of the movements. In this aspect, computer modeling and simulation of human movements have an increasing role in sports and rehabilitation. Two of the most important applications in sports include optimizing sports-technical qualities and reducing the risk of injury. On the other hand, the human musculoskeletal system is a complex system that still has many unresolved issues. The study of human movements is complicated by the large number of the body freedom degrees (~ 244), as well as by the even greater number of muscles (over 600). The human central nervous system is clearly faced with many possible ways to coordinate these muscles and choose different strategies for realizing a movement. Unfortunately, our knowledge of movement control is currently insufficient to determine the mechanism by which this coordination is achieved. For this reason, many modeling, analytical, experimental and other approaches are used to study the internal force structure of the human musculoskeletal system and the distribution of forces between muscles.

In the context of the above, the topic of the dissertation is of serious scientific interest and obviously has dissertable value. The objects of the study are basic gymnastic exercises, containing a combination of rotational movements in their support less phase. The subject of the work are the specific movement actions and movement strategies that need to be applied by gymnastics to create and amortize the rotation around its longitudinal axis in the unsupported phase of its implementation, as well as the biomechanical characteristics determining the movement in this phase.

The presented dissertation has a volume of 314 standard pages. It is illustrated with 104 figures in the main text and 6 figures and one table in the appendix. The bibliography is impressive, including 237 sources, of which 75 are in Cyrillic and 162 in Latin.

The dissertation is structured in a classical plan, containing the following main chapters:

1. Introduction, literature review and working hypothesis - 97 pages;
2. Purpose, tasks, organization and methodology - 32 pages;
3. Results and analysis - 144 pages;
4. Conclusions and recommendations - 4 pages;
5. References - 22 pages;
6. Appendices - 11 pages.

In the literature review the author demonstrates in-depth knowledge of the studied problems. The views of the authors of some of the used literature sources regarding the applied sports technique in performing exercises with a combination of rotations in the unsupported phase have been critically analyzed. This issue is discussed with understanding both in various sports disciplines and mainly in gymnastics. Logically, in the concluding remarks to this section, the notion is substantiated that instead of conducting numerous experiments with real physical objects, the approach of finding certain movement optimality is much more effective by conducting numerical experiments on a model.

The next section of this chapter extensively and in-depth examines the application of biomechanical models in sports theory and practice, where kinematic and dynamic parameters of movements are studied, modeled and simulated in order to improve athletic performance and movement efficiency. Modeling is the process of creating models, researching them and extracting information about the original. A basic principle in modeling is that the model should be as close as possible to the real object. Thus, an effective model must be based on the theory of reliability. Also, in order to be usable, the model is better to be as simple as possible. The main purpose of modeling is to describe complex systems in a simple way, helping to study them. In this way, simpler models make this purpose easier. However, in the case of oversimplification, the model may be inaccurate, so the level of simplification must be chosen carefully. It should also be borne in mind that modeling is not without its drawbacks. For example, before 1954, there was an abundance of

biomechanical evidence that predicted that running a mile was impossible in less than four minutes.

Here the author justifies his choice of model by using the forward dynamics task. In this approach, the driving forces are specified and the goal is to determine the resulting motion. If the time series of the joint angles are used as drivers for the model, then the resulting motion will be determined by the motion of the mass center of the whole body and the time series of body orientations. When a model is used in this way, it is known as a simulation model. Given the purpose of the study, this choice is the most appropriate, as joint angle-driven simulation models are typically used to simulate non-force-related activities, such as the aerial phase of sports movements.

The stages of design and the elements of the models related to their structural features, the data on the segments of the human body, the ways of mathematical description and the problems in determining the joint kinematics and orientation angles by means of rotational and transforming matrices are further discussed in detail. Here, in addition to FIG. 1.3. I would like to point out that the orientation angles give us the convenience of receiving a specific physical meaning such as somersaults, tilts and twists (screws) of the body. Thus, the rotation with respect to the X axis represents the somersault of the whole body, while the rotations with respect to the Y and Z axes of the body represent inclination and torsion (screw), respectively.

The literature review continues with a fair discussion on how to manage the models, compile and solve the equations of motion, considerations and requirements for choosing the appropriate program work environment. Due to the essential importance, the issue of assessing the reliability and suitability of a model is quite naturally commented on. In this regard, on pages 45-48 the author uses the term "validation", which does not sound good to me in Bulgarian. Here, too, it is more appropriate to use "assessment", as has been done in the following chapters.

Quite naturally, in view of the topic of the dissertation, the peculiarities and technical means in modeling movement actions in the support and non-support phase, as well as the methodological aspects in the training of exercises with combining rotations are thoroughly and analytically considered.

Regardless of the remarks and recommendations made, I believe that the overall literature review has a serious contribution, as it is essentially a scientific analysis of the systemic aspects of the interdependence of computer

simulation and its application to study the mechanics of sports skills, ways to deal with the problems of optimization and management of sports movements and training methodology.

On the basis of this analysis the problems are systematically identified, the possibilities of modern methods and means for their solution are outlined and the working hypothesis is raised, determining the theoretical-applied, experimental, methodological and sports-technical aspects of work.

In Chapter 2, the purpose and tasks of the development are clearly and precisely defined and follow the logic of the research questions raised for resolution. The subject and the stages of the organization of the research are given and explained, and the used scientific methods are considered in detail, depending on the purpose and tasks of the research. The chosen method for mathematical modeling in compiling the simulation model and mathematical formalism is described in detail, related to determining the input data, the orientation of body segments, transformation matrices for transition from global to local coordinate systems, derivation of equations of motion. The chosen approach to model behavior management is also explained. Here, the computational environment of the MATLAB software package is appropriately chosen for the simulations realization of the studied exercises and visual presentation of the results obtained from the simulation process. The number and scope of the created own procedural sub-programs is impressive, as well as the realized program vector archive for managing exercises of various gymnastic devices and experimental movements.

I have some notes and recommendations for this section of the work. For example, in the control part of the model, the angular velocity for each point is obtained by digitally differentiating the angular values for each subinterval, the resulting average velocity being assigned to one of the two endpoints. In this way, a time offset of half the interval for the value of the selected point is obtained. Overcoming this problem can be solved by differentiating within every two adjacent subintervals, and the resulting value is assigned to the middle of the three points, which is the boundary between the two subintervals. Of course, in this case, angular values are required for points outside the global time interval. In this connection is my proposal regarding the obtaining of the angular values for the points, outside the registered ones, by means of a cubic spline function. Indeed, from a mathematical point of view, it has been proven that it is the only function that interpolates the given points

and has a quadratically integrable second derivative. In this sense, the natural cubic spline is the smoothest of the functions, interpolating the intervals between the set points. Under natural boundary conditions, however, the spline is considered a linear function outside the specified interval. This limits the possibility of forecasting in the immediate vicinity outside the border points. Thus, for biomechanical research, it does not provide the necessary reliability between nodes, especially with "rare" input data, which inevitably obtained in video recording of rotational movements, where the location of some body segments is not seen in many consecutive frames. For interpolation in such cases it is more appropriate to use a modified spline, in which the two conditions for unambiguous determination of the spline are obtained from the equality of the third derivatives of the function and the two cubic curves passing through the first four and last four points, respectively.

I also have considerations regarding the evaluation of the model. Model evaluation is an important step in the process of developing a simulation model and must be performed before the model can be used in applications. In general, whatever method is used to generate the equations of motion, it is always important to perform checks to ensure that no programming errors are made. In his work, the author mainly uses a qualitative assessment of the model suitability by visually comparing the similarity degree of the actual performance images and model simulation. An additional quantitative comparative evaluation of the analytical and simulation results for the lateral slope during a certain angular interval of rotation was also performed. Given the practical purpose of the present work, this may be justified in this case and is a sufficient attestation for the model suitability. However, I believe that for a more accurate results assessment, the confidence interval limits in which a certain percentage of cases with a pre-set guarantee probability fall can be determined for the orientation angles, through interval estimation. Also, for greater security and reliability, a global function could be used, such as the mass center trajectory of the model to describe a parabola or the motion rotational amount relative to the center of mass to be maintained during the unsupported phase. On the other hand, this consideration can also be considered as a good wish, as over the last 30 years a number of proposed simulation models have been evaluated to some extent, while many others have not been evaluated at all.

The chapter "Results and Analysis" is characterized by its considerable experimental work and systematic nature. Another feature here is that theoretical and experimental analyzes are integrated into the exposition. Although it differs from the generally accepted structure for separating these sections, I believe that due to the rotational variations number of movements and gymnastic disciplines covered, this approach is more appropriate in this case. I would even define it as an advantage, because the theoretical statements and the results obtained are discussed simultaneously and thus the reader gets a clearer and more conditioned view of the experimental data.

The author consistently analyzes the simulations results of the rotations during the unsupported phase of the exercises. Subsequently, he extensively and reasonably discussed both the options for creating rotational movement conditions around the main axes in different configurations of body segments, and their depreciation in preparation for landing. As a consequence, specific practical guidelines are given for the behavior of the body certain parts in the process of learning and mastering the respective type of movement.

For the purpose of comparative analysis and substantiation of the conclusions made, experimental data on initiation and rotational motion amortization during the supported phase are also indicated.

Almost half of this chapter is devoted to discussing the results obtained in the simulation of various exercises in several gymnastic disciplines. Here the author seeks and substantiates an approach for building clear and easy to interpret models of the unsupported phases that can be applied directly in practice.

The conclusions are scientifically substantiated and are a direct consequence of theoretical and experimental analysis.

I believe that the set goal and tasks have been successfully solved.

I have reviewed a lot of dissertations and in most cases they follow the same scheme and turn out to be closer to crafts than to science. This is not the case here. A number of innovative and original moments can be found in their results and analysis.

Along with the private practical contributions for the improvement of the educational and training process, some general methodological achievements stand out, such as:

1. Scientific analysis on the systemic aspects of the computer simulation modeling interdependencies and its application for studying the sports skills

mechanics and ways to deal with the optimization problems and management of sports movements.

2. The implemented 16-segment simulation computer model with 32 internal and 6 external degrees of freedom provides a new methodological approach in the process of sports training and preparation of movement actions in the non-support phase.

3. The theoretical and experimental development of the software system for model management and visualization of the results gives the opportunity to get a real idea of how to manage the movement potential and coordination of movements of competitors.

4. Models of basic exercises are proposed, the achievement of which is the basis for mastering more complex options in the proposed sequence of movement programs for different levels of complexity.

The scientometric data, presented by the candidate, fully meet the requirements of the Law on Academic Staff Development, the Regulations for its application and the Regulations for obtaining the scientific degree "Doctor of Science" at the National Sports Academy "Vasil Levski".

The abstract fully and correctly reflects the dissertation work.

Conclusion

In conclusion, regardless of the remarks and recommendations made, I believe that with the developed scientific work the author presents himself as a complete knowledgeable and capable specialist, combining his knowledge of sports practice and skillful and creative application of modern scientific and technical means.

With full conviction I propose to the esteemed members of the scientific jury of Assoc. Prof. Iliya Dimitrov Kyuchukov to be awarded the educational and scientific degree "Doctor of Science" in professional field 7.6. Sports.

January 6, 2022.
Sofia

Reviewer:
(Prof. Zdr. Arakchiiski, PhD)