

Системний підхід і математичне моделювання біологічних та природних об'єктів і процесів

Андрій Власов¹, Андрій Демічковський², Ольга Іващенко³,
Анатолій Лопатьєв⁴, Мар'ян Пітин⁵, Ярослав П'янило⁶, Олег Худолій⁷

¹ к. ф.-м. н., доцент, Науково-дослідний інститут Львівського державного університету фізичної культури, вул. Костюшко, 7, Львів, 79007, e-mail: anvitvl@ukr.net

² Львівський державний університет фізичної культури, вул. Костюшко, 7, Львів, 79007, e-mail: ziaupet777@gmail.com

³ к. н. н., доцент Харківський національний педагогічний університет імені Г. С. Сковороди, вул. Алчевських, 29, Харків, 61002, e-mail: tmfv@tmfv.com.ua

⁴ к. ф.-м. н., доцент, с. н. с., Львівський державний університет фізичної культури, вул. Костюшко, 7, Львів, 79007, Центр математичного моделювання Інституту прикладних проблем механіки і математики ім. Я. С. Підстригача НАН України, вул. Дудаєва, 15, Львів, 79005, e-mail: spaupet777@gmail.com

⁵ д. з фіз. вих. і спорту, доцент, Львівський державний університет фізичної культури, вул. Костюшко, 7, Львів, 79007, e-mail: pityn7@mail.com

⁶ д. т. н., Центр математичного моделювання Інституту прикладних проблем механіки і математики ім. Я. С. Підстригача НАН України, вул. Дудаєва, 15, Львів, 79005, e-mail: rjanulyo@cmim.lviv

⁷ д. з фіз. вих. і спорту, професор, Харківський національний педагогічний університет імені Г. С. Сковороди, вул. Алчевських, 29, Харків, 61002, e-mail: tmfv@tmfv.com.ua

Запропоновано й обґрунтовано методологію системного підходу та математичного моделювання у вивченні біологічних і природних об'єктів та процесів. Загальносистемну термінологію адаптовано до вимог математичного моделювання. Подано вимоги до математичних моделей як біологічних і природних об'єктів та процесів, а також у фізичному вихованні.

Ключові слова: системний підхід, математичне моделювання, біологічні та природні системи, фізичне виховання.

Вступ. Важливим методом дослідження сучасної науки є моделювання, в основі якого лежить системний підхід [2, 3]. У системному підході об'єкт дослідження розглядається у взаємозв'язку з його оточенням, виявляються причини його появи, розвитку та джерела існування. В загальнотеоретичному плані системний підхід знайшов своє втілення в теорії систем, у прикладному — в системному аналізі.

Стосовно до біологічних та природних об'єктів і процесів моделі повинні містити характеристики самого оточення, та впливу і типову реакцію системи на збурення [5-15].

Метою роботи є обґрунтування методології системного підходу та математичного моделювання у вивченні біологічних та природних об'єктів і процесів стосовно фізичного виховання та спорту.

1. Класифікація основних понять в системному підході

Розглянемо динамічну систему, що складається з трьох елементів-підсистем: об'єкт – взаємодія – середовище, де: об'єкт — стійке в часі і обмежене в просторі утворення, сприймане в ряді відносин як єдине ціле — елемент системи; взаємодія — континуально-неперервний процес взаємопов'язаної причинно-наслідковими зв'язками трансформації параметрів об'єкта та середовища; середовище — довільна сукупність об'єктів, які можуть впливати на досліджуваний.

Всі взаємодії можна розуміти як інформаційні, оскільки в кожній з них взаємодіючі об'єкти здійснюють вплив (реалізують управління) один на одного. Годі взаємодію як таку доцільно представити у вигляді тріади: матеріальна; нематеріальна; матеріально-нематеріальна, коли одна частина взаємодії є матеріальна, а інша частина цієї ж взаємодії нематеріальна.

Будь-яку взаємодію між об'єктами (елементами довільної системи або системами), у процесі якої один об'єкт передає деяку сутність, а інші цю сутність приймають, будемо називати інформаційною взаємодією. Відповідно передана сутність називається інформацією. Дві найзагальніші властивості інформації: інформація не може існувати поза взаємодією об'єктів, тобто інформація це процес; інформація в рамках замкнутої системи не губиться жодним з об'єктів взаємодії зберігаючись у форматі самої системи.

Основними поняттями в теорії та практиці моделювання об'єктів, процесів і явищ є система та модель. У науково-методичній літературі з системних досліджень увага приділяється основним поняттям системного підходу (Р. Акоф, Ф. Эмери [1], И. В. Блауберг, В. Н. Садовский, Э. Г. Юдин [3], И. В. Блауберг, Э. Г. Юдин [4], В. Н. Садовский [11]).

Термін система існує більш ніж два тисячоліття, проте різні дослідники визначають його по-різному і на сьогодні існує значна кількість визначень терміну система. Однак використовуючи будь-яке з них, першою чергою, потрібно мати на увазі ті завдання, які розв'язуються. Для всіх визначень систем загальним є те, що система — це цілісний комплекс взаємопов'язаних елементів, який має певну структуру та взаємодіє із зовнішнім середовищем.

У системних дослідженнях доводиться розкладати об'єкт на скінченну кількість частин, враховуючи зв'язки між ними, які характеризують їх взаємодію. Саме з цього розпочинається інтерпретація досліджуваного об'єкта як складної системи, а його частин — як підсистем. Якщо деякі підсистеми виявляються все ще занадто складними, то кожна з них можна поділити (зі збереженням зв'язків) на певну кількість дрібніших підсистем. Процедуру поділу підсистем можна продовжувати до отримання таких підсистем, які в умовах цього завдання будуть визнанні досить простими та зручними для безпосереднього опису. Саме такі підсистеми, які не підлягають подальшому поділу, називають елементами складної системи.

Середовище — сукупність елементів зовнішнього світу, які не входять до складу системи, але впливають на її поведінку та властивості, система є

відкритою, якщо враховується вплив зовнішнього середовища, і закритою, якщо такої вплив не суттєвий.

Велике значення в системах відіграють зв'язки. Саме довкола цього поняття значною мірою групується уся проблематика, характерна для системного підходу.

Зв'язком називають співвідношення компонентами системи, засновані на взаємозалежності та взаємообумовленості. З формального погляду зв'язок визначають як обмеження кількості ступенів вільності компонент системи.

Визначимо зв'язок предметів таким чином: між двома об'єктами існує зв'язок, якщо, за відсутності або наявності деяких властивостей в одного з них, ми можемо робити висновок про відсутність або наявність тих чи інших властивостей в іншого об'єкта (виникнення та зникнення об'єктів можна розглядати як частковий випадок).

Зв'язок, часто характеризують за напрямом, силою і характером (видом). За першою ознакою зв'язки поділяють на спрямовані та неспрямовані, а за другою — на сильні та слабкі. Іноді для цього вводять шкалу сили зв'язків для конкретного завдання. За характером (видом) відрізняють зв'язки підпорядкування, породження (генетичні), рівноправні (байдужі), управління. Деякі з цих класів можна поділити детальніше: наприклад, зв'язки підпорядкування можуть бути типу «частина — ціле»; зв'язки породження — типу «причина — наслідок». Зв'язки можна класифікувати також за місцем розташування (внутрішні та зовнішні), спрямованістю процесів у системі в цілому чи в окремих її підсистемах (прямі та зворотні) і за деякими конкретнішими ознаками. Зв'язки в конкретних системах можуть бути одночасно охарактеризовані за кількома з названих ознак.

Під структурою системи розуміємо сукупність внутрішніх сталих та істотних зв'язків між елементами, яка визначає основні властивості системи. При цьому робиться акцент на тому, що структуру утворюють найсуттєвіші та найстійкіші відношення між об'єктами. «Знання структури системи — це знання закону, за яким породжуються елементи системи і відношення між ними». Ці відношення формують саме ті системні властивості, які задають закон існування та функціонування системи, забезпечують збереження її основних властивостей за різноманітних зовнішніх і внутрішніх змін.

Звернемо увагу на відмінність між поняттями «структура» та «система». Під структурою розуміють сітку взаємопов'язаних елементів, якісна природа яких не враховується, і головна увага спрямована на їх зв'язки. Система ж представляє об'єкт у цілому зі всіма характерними для неї внутрішніми та зовнішніми зв'язками і властивостями, акцентуючи при цьому на якісній специфіці елементів, які задають цілісність об'єкта. Відповідно до цього визначити систему можна, послідовно перебираючи один за одним його елементи та всі можливі пари зв'язків між ними. Однак це складно, якщо число елементів є великим. Для подання такої системи доводиться звертатися до поняття структури — частково впорядкованих елементів або відношень між ними за деякою ознакою.

Метою системи часто називають її бажаний майбутній стан. Залежно від стадії пізнання об'єкта, етапу системного аналізу у цей термін вкладають різний зміст — від ідеальних стремлень, що виражають активну свідомість окремих осіб

або соціальних систем, до конкретних цілей-результатів. У першому випадку можуть формулюватися цілі, досягнення яких є неможливим, але до яких можна безупинно наближатися. У другому цілі мають бути досяжними в межах певного інтервалу часу та формулюються іноді навіть у термінах кінцевого продукту діяльності. Часто розрізняють суб'єктивні й об'єктивні цілі. Суб'єктивна ціль — це суб'єктивний погляд дослідника на бажаний майбутній стан системи. Об'єктивна ціль — це майбутній реальний стан системи, тобто стан, до якого буде переходити система за заданих зовнішніх умов і керівних впливів.

Суб'єктивні й об'єктивні цілі системи у загальному випадку можуть розрізнятися. Зокрема, вони не збігаються, якщо система є погано дослідженою або якщо суб'єкт, який визначає цілі, недостатньо обізнаний із закономірностями функціонування системи чи ігнорує їх.

Дослідження систем зручно здійснювати у термінах процесів, з якими пов'язані такі поняття, як стан, перехід з одного стану в інший, подія.

Процес — це послідовна зміна станів системи у часі.

Стан системи — це сукупність значень її параметрів (властивостей) у певний момент часу. Його визначають або через входні впливи та вихідні сигнали (результати), або через макропараметри, макровластивості системи.

Кількісно будь-яка система описується сукупністю величин, які поділяють на параметри та характеристики.

Параметри описують первинні властивості і є вихідними даними для розв'язування задач аналізу. Характеристики описують вторинні властивості системи, які визначаються розв'язками задач і їх аналізу як функції параметрів. Таким чином параметри системи можна інтерпретувати як деякі входні величини, а характеристики — як вихідні, що залежні від параметрів і визначаються у процесі аналізу системи.

Якщо параметри та характеристики системи і моделі відрізняються, то їх прийнято відповідно називати системними та модельними.

Система здійснює перехід з одного стану в інший шляхом зміни значень змінних. Причина, що зумовлює перехід системи із стану в стан називається подією, яка здійснюється миттєво у часі.

Поняття структури системи (підсистеми), стану елемента нерозривно пов'язані з поняттям часу і, отже, із функціонуванням системи. У ході функціонування системи її елементи, підсистеми та система в цілому набувають визначеного стану. Відповідно, функціонування системи — це процес, який є послідовним переходом системи з одного стану в інший. Функціонування системи, підсистеми, елемента доцільно розділяти на окремі дії. Дія — це перехід елемента, підсистеми, системи з одного, попереднього стану в інший, наступний.

Під час аналізу системи варто розглядати лише ті її стани, зміна яких змінює або створює передумови для зміни стану деякої іншої підсистеми або елемента. Кожна така послідовна зміна станів повинна змінювати стан системи в цілому і впливати деяким чином на реалізацію основної функції системи.

Системи, незалежно від того, яким чином вони створені, живуть або функціонують певний час. Для природних систем, які в загальному є відкритими

системами й обмінюються із середовищем матеріальними ресурсами, енергією й інформацією, існує замкнений цикл «середовище – система – середовище», що включає три етапи або фази життєвого циклу. А саме виділення системи із середовища, життя та співпраця з середовищем із певною ефективністю, втрата ефективності та повернення в середовище.

Життєвий цикл штучних систем має також три етапи, однак у даному випадку він починається та завершується на користувачеві: «користувач – система – користувач». Система формується у користувача, на підставі його знань, потреб. Кінець життя системи припадає також на користувача, адже він вирішує долю цих систем.

Множину параметрів системи можна розділити на внутрішні та зовнішні. До внутрішніх належать: структурні параметри, які описують склад і структуру системи, функціональні параметри, які описують функціональну організацію (режим функціонування) системи.

Зовнішні параметри описують взаємодію системи із зовнішнім у відношенні до неї середовищем.

Характеристики системи можуть поділятися на глобальні та локальні. Глобальні характеристики описують ефективність системи у цілому. До них належать: характеристики продуктивності; часові характеристики; характеристики надійності; економічні характеристики тощо.

Локальні характеристики описують функціонування окремих елементів або частини (підсистеми) системи.

2. Основні поняття теорії моделювання

Введемо такі визначення моделі, моделювання, математичної моделі, математичного моделювання орієнтовані на вивчення біологічних і природних об'єктів.

Загальним для моделей є те, що вони є засобами наукового пізнання. Існуючі на даний час класифікації моделей будуються виходячи з потреб тієї області знань, в якій працює дослідник. Традиційним є розподіл моделей на матеріальні й ідеальні. Разом із тим таке розподілення доповнюється діленням їх на предметно-подібні та символні (знакові, математичні і т. д.).

В області наукового пізнання існують конкретніші причини для класифікації моделей, а саме за формою представлення моделей (логічні, математичні, механічні, фізичні, хімічні і т. д.), за природою явищ, які моделюються (соціальні, біологічні і т. д.), за задачами моделювання (прогностичні, евристичні і т. п.), за ступенем точності (наближені, ймовірнісні і т. д.) та інші.

Існують два підходи до узагальненого визначення моделі. У рамках одного з них під моделлю розуміють відображення фактів, речей, відношень певної області знань у вигляді простішої, нагляднішої матеріальної структури даної області або іншої області (знань). Таким чином, коли ми говоримо про модель, то мова йде про певні суттєві структури та відношення, аналогічні предмету дослідження.

Для наукових моделей характерним є те, що вони є такою заміною об'єкта дослідження, якій перебуває з останньою в такій відповідності, яка дозволяє отримувати нові знання про об'єкт.

Моделювання визначається як метод опосередкованого пізнання за допомогою штучних або природних систем, які зберігають деякі особливості об'єкту дослідження, що дає можливість представляти цей об'єкт у певних відношеннях та отримувати про нього нові знання.

Серед інших моделей виділимо математичні моделі, зазвичай, це рівняння або система рівнянь разом із крайовими умовами, які є записом умов і законів функціонування системи.

Загальна схема математичного моделювання є: реальний об'єкт; побудова фізичної (біологічної, хімічної і т. п.) на основі законів збереження; математична модель або отримання системи математичних рівнянь; розв'язування та дослідження відповідних задач математичної фізики; верифікація моделі й аналіз результатів.

Математичне моделювання є розкриття та поглиблене дослідження механізму явищ і взаємодії його частин. За математичний апарат використовують диференціальні рівняння, математичну статистику, лінійні графи й інші підходи. Зазвичай, якщо процеси описуються диференціальними рівняннями (звичайними чи в часткових похідних), то такі рівняння є нелінійними та вимагають значних додаткових досліджень під час розв'язування відповідних задач математичної фізики. Останнім часом широко застосовують числові методи розв'язування задач математичної фізики, які мають як переваги, так і недоліки. Перевагою, зокрема, є те, що числові методи дають змогу розв'язати широкій клас початково-граничних задач і побудувати на цій основі автоматизовані алгоритми.

Під час побудови математичних моделей процесів вхідна інформація, об'єкти, методи дослідження, повинні задовольняти умовам, які подані на (рис. 1).



Рис. 1. Структурне представлення забезпечення математичного моделювання природних процесів

Для того, щоб математична модель описувала деяке природне явище, у процесі її побудови необхідно дотримуватися певних вимог як до самої моделі, так і до вхідної інформації, на базі якої буде отримано опис явища, що вивчається. Нижче подані вимоги, отримані на базі аналізу моделювання конкретних явищ, зокрема процесу транспорту газу у газотранспортних системах.

У вимогах до складників математичної моделі процесу звернемо увагу на: адаптивність у заданих просторово-часових межах — визначає просторово-часовий інтервал дії моделі; врахування основних фізичних залежностей — визначає сферу використання моделі; адекватне врахування топології — визначає об'єкт моделювання; аналіз коефіцієнтів параметричних співвідношень — визначає необхідність використання методів дослідження або необхідність побудови ітераційних процедур.

Інформативність вхідних даних повинна забезпечувати у часі та просторі інформацію, яка б давала можливість: ідентифікувати моделі; у випадку використання емпіричних формул; уточнити значення коефіцієнтів, які в них входять; можливість порівняння заміряних і розрахованих даних.

Також точність повинна бути узгоджена з: адаптивністю моделі; точністю вхідних даних; точністю методів розв'язування. Необхідна кількість даних повинна забезпечувати: адаптацію моделі; побудову початково-граничних умов; аналіз числових результатів.

Щодо вимог до методів слід зауважувати, що збіжність — необхідність дослідження границь застосування, числові методи не дають можливості отримувати розв'язки в особливих зонах; точність — числові методи мають обмежену похибку знизу; аналітичні методи, оскільки, зазвичай, розв'язки є у виді рядів, вимагають регуляризації операції сумування.

Час реалізації моделі — суттєво залежить від поставлених задач: для планування на великі проміжки часу виступає на другий план; для розв'язування задач оперативного керування час реалізації повинен бути таким, щоб після проведення розрахунків була можливість прийняти відповідні рішення; за невиконання останньої вимоги необхідно використовувати (за можливістю) інші методи розрахунку.

Точність розрахованих значень повинна бути такою, що можна було, в кінцевому рахунку, розв'язувати задачі оптимального керування природними процесами та повинна бути в межах заданого діапазону на вказаному просторово-часовому проміжку; співмірна з точністю вхідних даних.

Математичні моделі й алгоритми, програми та комплекси програм, а також системи підтримки для розв'язування задач є елементами моделювання. Їхня роль і місце може бути правильно оцінена в межах усього ланцюга моделювання, який називають технологічним. Під технологічним ланцюгом моделювання будемо розуміти сукупність його елементів, які виконуються у певній послідовності та складають повний цикл. Процес моделювання може бути поданий у вигляді такої послідовності: досліджувані явища — математичні моделі, та формулювання задач математичної фізики — чисельні алгоритми — програмування

та реалізація — розрахунки — результати та їх аналіз. Останнє узагальнює відому триаду математичного моделювання модель – алгоритм – програма.

Математичне моделювання поруч з фізичним і натурним експериментом є основним способом дослідження та отримання нових знань в різних областях природознавства. Його важливість в подальшому зростає але не замінить фізичний та натурний експеримент, так як досвід завжди залишається основою дослідження.

Надзвичайно широко використання математичного моделювання в різних областях природознавства обумовлено рядом факторів, в тому числі: ускладнення досліджуваних завдань; необхідність вирішення екологічних, соціальних та інших проблем, неможливість проведення фізичного та натурального моделювання в ряді областей дослідження та інше.

Таким чином, сьогодні математичне моделювання стає головним способом дослідження та отримання нових знань.

Математичне моделювання найбільш розповсюджене при розв'язку задач механіки суцільного середовища, часто в силу неможливості отримання рішень на основі інших підходів.

3. Математичне моделювання у фізичному вихованні

Поряд із моделюванням біологічних та природних об'єктів і процесів та рухових дій у спорті, можна моделювати процес навчання і розвитку рухових здібностей. Моделювання процесу формування рухових навичок належить до побудови моделей в умовах значної невизначеності.

До об'єктів, які вивчаються за допомогою математичного моделювання, у фізичному вихованні належать (рис. 2):

- вікова динаміка функціонального стану серцево-судинної системи та рухової підготовленості дітей і підлітків;
- режими виконання фізичних вправ і їх вплив на результативність діяльності;
- процес рухової підготовки дітей і підлітків.

Математичні моделі вказаних процесів ґрунтуються на обробці даних, отриманих як в безпосередньому виконанні відповідних вправ, так і в ході повних факторних експериментів типу 2^k . Зазвичай, математичним апаратом в цьому випадку є теорія статистики, ймовірності та планових експериментів [12, 14].

Для отримання моделей можна використати повний факторний експеримент типу 2^k (моделі тренувальних впливів), логістична функція (визначення термінів процесу навчання та розвитку рухових здібностей) і дискримінантна функція (педагогічний контроль за рівнем підготовленості).

Метод повного факторного експерименту дає можливість отримати математичний опис процесу в деякій локальній області факторного простору навколо точки з координатами n -вимірного простору та провести верифікацію регресійної моделі.

Проведені дослідження дозволили визначити ефективність і надійність планів факторного експерименту типу 2^2 у визначенні результатів дії різних



Рис. 2. Структурна схема використання моделей окремих компонентів системи підготовки юних гімнастів у побудові навчально-тренувального процесу

режимів роботи на зміну функціонального стану та здатності до навчання рухам юних гімнастів (Худолій О.М. [15], Худолій О. М., Іващенко О. В. [14]).

Аналіз зміни результатів навчання та частоти пульсу в кожному занятті плану показав, що обидва процеси можна описати за допомогою залежності (моделі)

$$Y = A / (1 + 10^{(a_n + bx)}) + C,$$

де Y (частота серцевих скорочень/рівень навченості) — результат функції залежно від кількості підходів, x , A , C , a_n , b — коефіцієнти, так званої, логістичної функції.

Коефіцієнти рівняння регресії логістичної функції суттєво змінюються залежно від режимів виконання вправ і відпочинку в точках плану.

Цю залежність можна описати рівняннями типу:

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_1x_2,$$

де x_1 — обсяг рухів у занятті, x_2 — інтервал відпочинку.

Встановлено, що залежність між зміною в процесі заняття результатів навчання та частоти пульсу можна описати нелінійною залежністю вигляду

$$Y = a + b\eta + b\eta^2,$$

Андрій Власов, Андрій Демічковський, Ольга Іващенко, Анатолій Лопатьєв та ін.
Системний підхід і математичне моделювання біологічних та природних об'єктів і процесів

де Y — результат навчання, η — частота пульсу.

У точці $\eta = -b_1/2b_2$ спостерігається максимальний рівень оцінки, а частота пульсу набуває значення межі між роботою спрямованою на навчання і розвиток витривалості.

Для педагогічного контролю функціональної та рухової підготовленості можна використати дискримінантну функцію (Ivashchenko O. V., Yermakova T. S., Cieslicka M., Sukowska H. [16], Ivashchenko O. V., Khudolii O. M., Yermakova T. S., Pilewska Wieslawa, Muszkieta Radoslaw, Stankiewicz Blazej [17], Khudolii O. M., Iermakov S. S., Prusik K. [20], Ivashchenko O. V., Yermakova T. S., Cieslicka M., Muszkieta R. [19], Khudolii O. M., Iermakov S. S., Ananchenko K. V. [21], Ivashchenko O., Khudolii O., Yermakova T., Iermakov S., Nosko M., Nosko Yu. [18]). На основі канонічних коефіцієнтів дискримінантної функції можлива класифікація дітей і підлітків за рівнем рухової підготовленості відповідно до віку, що має практичне значення для розробки ефективних програм їх рухової підготовки. Верифікація функцій вказує на їх високу дискримінантну здатність і значення в інтерпретації щодо генеральної сукупності (табл. 1, 2).

Таблиця 1

Канонічна дискримінантна функція. Власні значення

Функція	Власні значення	% поясненої дисперсії	Кумулятивний %	Канонічна кореляція
1	16,161	95,2	95,2	0,970
2	0,579	3,4	98,6	0,605
3	0,136	0,8	99,4	0,346
4	0,096	0,6	100,0	0,296

Таблиця 2

Канонічна дискримінантна функція. Лямбда Уїлкса

Перевірка функцій	Лямбда Уїлкса	χ -квадрат	ступені свободи	p
від 1 до 4	0,030	805,684	60	0,000
від 2 до 4	0,509	154,721	42	0,000
від 3 до 4	0,803	50,142	26	0,003
4	0,913	20,958	12	0,051

Висновки. Моделювання на сучасному етапі розвитку науки є одним із найдієвіших і перспективних інструментів вивчення складних явищ і процесів. На ідеї моделювання базуються всі методи наукових досліджень, як теоретичні, за яких використовуються різноманітні абстрактні моделі, так і експериментальні, що користуються предметними моделями.

Метод моделювання є ефективним інструментом для вивчення закономірностей процесу рухової підготовки та розробки програм тренування дітей і підлітків.

Перспективою подальших досліджень є розробка й обґрунтування ефективності використання експертних систем і систем підтримки рішень у процесі навчання та розвитку рухових здібностей дітей і підлітків.

Література

- [1] *Акофф Рассел Л., Эмери Фредерик Э.* О целеустремленных системах — Перевод с английского Г. Б. Рубальский, под редакцией И. А. Ушакова. — М.: 1974. // Электронная публикация Центр гуманитарных технологий. — 08.10.2014. URL: <http://gtmarket.ru/library/basis/7083>
- [2] *Блауберг И. В., Юдин Э. Г.* Системный подход // БСЭ. — 3 изд. — М., 1976. — Т. 23. — С.476.
- [3] *Блауберг И. В., Садовский В. Н., Юдин Э. Г.* Системный подход: предпосылки, проблемы, трудности [Текст] / — М., 1969.
- [4] *Блауберг И. В., Юдин Э. Г.* Становление и сущность системного подхода [Текст] / — М.: Наука, 1973. — 104 с.
- [5] *Власов А. П., Лопатъев А. О., Виноградський Б. А., Демічковський А. П.* Аналіз рухових дій при виконанні стрілецьких вправ // Актуальні проблеми сучасної біомеханіки фізичного виховання та спорту. — Серія: Педагогічні науки. Фізичне виховання та спорт. Вісник №81 ЧДПУ ім. Т.Г. Шевченка. — Чернігів, 2010, С.561-565.
- [6] *Лопатъев А. А., Дзюбачик Н. И., Виноградский Б. А.* О возможных подходах при моделировании сложных систем в стрелковых видах спорта // Наука в олимпийском спорте. — 2004. — № 2. — С. 101—107.
- [7] *Лопатъев А. О.* Моделирование як методологія пізнання // Теорія та методика фізичного виховання. — 2007. — № 8. — С. 4-10. — Режим доступу: <http://www.tnfv.com.ua/journal/article/view/334>
- [8] *Лопатъев А. О., Дзюбачик М. І., Смільнянин С. М.* Особливості моделювання системи «стрілець — зброя — мішень» // Теорія та методика фізичного виховання. — 2009. — № 5. — С. 37-42. — Режим доступу: <http://www.tnfv.com.ua/journal/article/view/533>
- [9] *Лопатъев А. О., Ткачек В. В., Власов А. П.* Біотехнічні системи в стрілецьких видах спорту. Матеріали X Міжнародної наукової конференції (27 лютого 2014 року, м.Львів-Харків) / Львів держ.ун-т фізкультури, Харк. нац.ун-т ім.Г.С.Сковороди. — Харків: "ОВС", 2014. — С. 19-23.
- [10] *П'янило Я. Д., П'янило Г. М.* Про побудову систем підтримки прийняття рішень для автомобільного спорту // Моделирование та інформаційні технології у фізичному вихованні і спорті. Матеріали X Міжнародної наукової конференції (27 лютого 2014 року, Львів –Харків) / Львів. держ. ун-т фіз. культури, Харк. нац. пед. ун-т ім. Г. С. Сковороди. — 2014. — С. 16-19. — Режим доступу: <http://www.tnfv.com.ua/modeling/article/view/995>
- [11] *Садовский В. Н.* Основания общей теории систем. Логико-методологический анализ. — М.: Наука, 1974. — 280 с.
- [12] *Худолій О. Н.* Моделирование процесса подготовки юных гимнастов: Монография. — Харьков: ОВС, 2005. — 336 с.
- [13] *Худолій О. М.* Основы методологии научно-дослідної роботи у фізичному вихованні і спорті // Теорія та методика фізичного виховання. — 2010. — № 11. — С. 19-30. — Режим доступу: <http://www.tnfv.com.ua/journal/article/view/668>
- [14] *Худолій О. М., Іващенко О. В.* Моделирование процесу навчання та розвитку рухових здібностей у дітей і підлітків: Монографія / — Харків: ОВС, 2014. — 320 с.
- [15] *Худолій О. М.* Теоретико-методичні засади системи підготовки юних гімнастів 7-13 років: Автореферат дисертації доктора наук з фіз.вих і спорту: 24.00.01. — К.: НУФВіС, 2011. — 44 с.
- [16] *Discriminant analysis in classification of motor fitness of 9-11 forms' juniors' / O. V.Ivashchenko, T. S. Yermakova, M. Cieslicka, H Sukowska. // Journal of Physical Education and Sport (JPES). — 2015. — Vol 15. — Issue 2. — Art 37. — Pp. 238 — 244. DOI:10.7752/jpes.2015.02037*

Андрій Власов, Андрій Демічковський, Ольга Іващенко, Анатолій Лопатьєв та ін.
Системний підхід і математичне моделювання біологічних та природних об'єктів і процесів

- [17] Simulation as method of classification of 7-9th form boy pupils' motor fitness / O. V. Ivashchenko, O. M. Khudolii, T. S. Yermakova, W. Pilewska, R. Muszkieta, B. Stankiewicz. // Journal of Physical Education and Sport (JPES). — 2015. — Vol 15. — Issue 1. — Art 23. — Pp 142-147. DOI: <http://dx.doi.org/10.7752/jpes.2015.01023>
- [18] Factorial and discriminant analysis as methodological basis of pedagogic control over motor and functional fitness of 14-16 year old girls / O. Ivashchenko, O. Khudolii, T. Yermakova, S. Iermakov, M. Nosko, Yu. Nosko // Journal of Physical Education and Sport (JPES). — 2016. — Vol 16. — Issue 2. — Art 68. — Pp. 442 — 451. DOI:10.7752/jpes.2016.02068
- [19] Ivashchenko O. V., Yermakova T. S., Cieslicka M., Muszkieta R. (2015). Discriminant analysis as method of pedagogic control of 9–11 forms girls' functional and motor fitness. Journal of Physical Education and Sport, 15(3), 576–581. doi:10.7752/jpes.2015.03086
- [20] Khudolii O. M., Iermakov S. S., Prusik K. Classification of motor fitness of 7-9 years old boys // Journal of Physical Education and Sport (JPES). — 2015. — Vol 15. — Issue 2. — Art 38. — Pp 245-253. DOI:10.7752/jpes.2015.02038
- [21] Khudolii O.M., Iermakov S. S., Ananchenko K. V. (2015). Factorial model of motor fitness of junior forms' boys. Journal of Physical Education and Sport, 15(3), 585–591. doi:10.7752/jpes.2015.03088

Systemic approach and mathematical modeling for biological process and objects studying are proposed and justified in this article

Andriy Vlasov, Andrii Demiczkowski, Olga Ivaszcenko, Anatolij Lopatiev, Maryan Pityn, Yaroslav Pjanylo, Oleg Hudolij

General systemic terminology is adapted according to requirements of mathematical modeling. Requirements to both of mathematical models of biological and natural objects and processes as well as physical schooling are given here.

Системный подход и математическое моделирование биологических, природных объектов и процессов

Андрей Власов, Андрей Демичковский, Ольга Иващенко, Анатолий Лопатьев, Марян Питын, Ярослав Пяныло, Олег Худолій

Предложено и обосновано методологию системного подхода, математического моделирования к изучению биологических, природных объектов и процессов. Общую системную терминологию адаптировано к условиям математического моделирования. Приведено требования к математическим моделям как биологических, так и природных объектов и процессов, а также в физическом воспитании.

Отримано 19.04.16