

МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ І МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ В ЕКОНОМІЦІ СПОРТУ

В. С. ЧИЖЕВСЬКИЙ

(Полтавська Державна аграрна академія)

Анотація. *Визначено інститут спорту як предмет самостійного економічного аналізу, який має стати фундаментом для пошуку та розробки адекватного розуміння процесів у сфері індустрії спорту. Автор обґрунтовує, що для побудови економічних прогнозів у галузі спорту доцільне широке застосування математичного апарату. Запропоновано комплексне застосування імітаційного моделювання для побудови моделі масового обслуговування, яка достатньо правдиво імітує реальні умови роботи й дозволяє виявляти резерви.*

Ключові слова: *моделювання, економіка спорту, масове обслуговування, математичні методи, спортивна індустрія.*

Інститут спорту традиційно зараховують до соціальної сфери. Але практика показує, що організаційні принципи сучасного спорту є своєрідним симбіозом між самоорганізацією населення, комерційним інтересом бізнесу та державним управлінням. Спорт розвивається не тільки за допомогою державних субсидій, спонсорської підтримки, але й самостійно заробляючи грошові кошти, при цьому вносячи в загальну скарбницю значні податкові платежі. Не викликає сумніву той факт, що таке поєднання дозволяє виробляти корисний і затребуваний суспільний продукт. Водночас достатньо важко визначити, що в цьому співвідношенні є більш важливим – клубна діяльність, яка приносить користь в першу чергу місцевим общинам, централізований перерозподіл ресурсів за допомогою держави або подальша комерціалізація (розвиток професійного спорту).

Незважаючи на таку важливу роль спорту, науковій спільноті ще не вдалося в повній мірі оцінити його суттєву вагу і реальний вплив, як на соціально-економічний розвиток кожної окремої держави, так і світового соціуму загалом. За останнє десятиліття з'явилися наукові праці, в яких проаналізовані розвиток ринкових відносин у спорті та спортивній індустрії, їх фінансування й оподаткування. Найбільш повно ці проблеми висвітлені у працях

Л. В. Арістової, С. І. Гуськова, Л. В. Жестянникова, В. І. Жолдака, В. В. Кузіна, М. Є. Кутєпова, І. І. Переверзіна, В. О. Безкровної, N. Adnett, S. Bougheas, M. Bartoluci, C. M. Brooks та ін.

На пострадянському просторі традиційно превалюють наукові праці в галузі педагогіки та соціології, в останні десятиріччя з'явилися праці і у сфері економіки, де переважно зусилля дослідників спрямовані на такі предмети, як маркетинг, менеджмент, ринкознавство, рідше фінансування та оподаткування, бухгалтерський облік. Спорт сьогодні в повному обсязі ще не є предметом самостійного економічного аналізу. Разом із тим, такий аналіз із використанням інструментів формалізації має стати фундаментом для пошуку та розробки адекватного розуміння процесів, що відбуваються, та їх подальшого розвитку у сфері індустрії спорту.

Метою статті є обґрунтування необхідності застосування в економіці спорту економіко-математичного моделювання.

Відомо, що більшість фахівців у галузі спорту для прогнозування результатів змагань достатньо широко застосовують математичний апарат – аналізують графіки різних залежностей, виводять математичні формули, проводять обробку статистичних даних, моделюють процеси. Моделювання є незамінним інструментом також при побудові економічних

прогнозів. Прогнозування – це одна з форм визначення перспектив розвитку подій, що в економіці є найдорожчим ресурсом, тому що таке визначення – запорука майбутнього доходу. Моделювання та використання математичного апарату суттєво знижує затрати в ході планування та прогнозування економічних заходів. Економія засобів, у цьому випадку створюється за рахунок застосування модельних експериментів і оптимізаційних методів вирішення багатьох видів задач.

Апріорі, центральною проблемою економіки спорту повинна стати проблема раціонального вибору. Щоб зробити правильний і обґрунтований вибір або здійснити прогноз, необхідна математична підтримка процесу прийняття рішень. Тому математичні методи в економіці спорту повинні стати основою для визначення тенденцій і закономірностей розвитку всієї галузі загалом.

У спортивній індустрії велика роль приділяється спорудам, які є складними багатоцільовими системами та включають спортивні арени, комплекси, торговельні підприємства, системи зв'язку та безпеки, медичної допомоги, допоміжні служби.

Великі спортивні споруди можуть одночасно обслуговувати десятки і навіть сотні тисяч вболівальників і спортсменів, надаючи кожному клієнтові відповідний набір сервісних послуг. Велика кількість вболівальників, відвідуючи спортивні заходи, створює попит на цілу низку супутніх товарів і послуг – напої, бутерброди, піцу, спортивну пресу, сувеніри тощо.

Щоб задовольнити попит на високому рівні надання споживачам якісних товарів і послуг, необхідно врахувати велику кількість економічних та інших факторів ще на стадії проектування спортивних споруд. Зокрема, скільки необхідно квиткових кас, як будуть організовані транспортні потоки для перевезення спортсменів і вболівальників, скільки і яких торговельних підприємств потрібно та де вони будуть розташовані.

Подібні методи та розрахунки необхідні для визначення:

- термінів окупності окремих підприємств, спортивних споруд і всього комплексу загалом;

- величин прибутку, які отримують: торговельні підприємства спортивних споруд від продажу вхідних білетів, розміщення реклами у спорткомплексі, продажу прав на теле- та радіотрансляцію, від оренди площі та устаткування;

- можливості багатоцільового використання спортивних споруд;

- дослідження коливань величини прибутку залежно від пори року;

- зміна прибутку залежно від змін у макроекономічному середовищі.

Іншим важливим напрямом застосування економіко-математичного моделювання в економіці спорту є активне використання моделей у системах бухгалтерського обліку та автоматизації систем управління підприємством. Методи та моделі надзвичайно корисні в дослідженнях спортивного бізнесу. За допомогою економіко-математичних моделей обробляються дані опитувань уболівальників і потенційних споживачів продукції спортивного призначення, збирається інформація, яка необхідна спортивним клубам і організаціям, проводиться облік реклаमाцій, контролюється кількість уболівальників, що відвідали сайт клубу або спортивної організації.

Отримана інформація використовується для економічного прогнозування, головним чином споживчого попиту, та, відповідно, прибутку спортивної організації.

В економіці спорту найбільш уживаними є три основні класи моделей, що використовуються для аналізу або прогнозу [1]:

1. Часові моделі. До цього класу зараховують моделі тенденції (тренду) та сезонності:

$$Y(t) = S(t) + q_t, \quad (1)$$

де $Y(t)$ – часова тенденція (тренд);

$S(t)$ – періодична (сезонна) компонента;

q_t – випадкова величина.

Моделі цього виду застосовуються для вивчення та прогнозування обсягу продажів вхідних білетів, попиту на спортивні товари, послуги і т. п.

2. Регресійні моделі. В таких моделях досліджується залежність середнього значення будь-якої величини або декількох величин. Регресійні моделі представляються у вигляді функції:

$$f(x, b) = f(x_1, \dots, x_k, b_1, \dots, b_j), \quad (2)$$

де x_1, \dots, x_k – незалежні змінні;

b_1, \dots, b_j – параметри.

Залежно від виду функції $f(x, b)$ регресійні моделі поділяються на лінійні та нелінійні. Зокрема, при застосуванні лінійної моделі можна досліджувати попит на квитки на чемпіонати з футболу як функцію від часу проведення матчу, температури повітря або погодних умов, середнього рівня доходу вболівальників, інтенсивності реклами, навіть політичних змін в країні та інших параметрів.

3. Системи одночасних рівнянь. Моделі такого типу описуються системами рівнянь. Рівняння, які входять до моделі, можуть бути диференційованими, регресійними, лінійними або нелінійними.

Моделі, що описуються системами рівнянь, зазвичай більш складні, ніж моделі регресії або тимчасових рядів. Їх можна застосовувати в ході побудови моделей попиту і пропозиції, вирішення транспортних задач, задач оптимального розподілу ресурсів, при аналізі макроекономічної рівноваги та в інших галузях.

Модель попиту та пропозиції на спортивному підприємстві будуть мати такий вигляд:

якщо Q_d – попит на товар або послугу в момент часу t ;

Q_s – пропозиція на товар в момент часу t ;

P_t – ціна товару;

Y_t – дохід від реалізації товару.

Сформулюємо систему рівнянь «попит-пропозиція»:

$$Q_s = a_1 + a_2 P_t + a_3 P_{t-1} + q_t \quad (\text{пропозиція}) \quad (3)$$

$$Q_d = b_1 + b_2 P_t + b_3 Y_t + u_t, \quad (\text{попит}) \quad (4)$$

де a, b – параметри системи; q, u – випадкові величини;

$$Q_d = Q_s \quad (\text{рівновага}). \quad (5)$$

Ціна товару P_t і попит на товар Q_d в момент рівноваги визначаються з рівнянь моделі, тобто є внутрішніми змінними. Обумовленими в цій моделі буде дохід Y_t та значення товару в попередній момент часу P_{t-1} .

Важливою складовою економіко-математичного моделювання, яка може мати широке практичне застосування, є теорія масового обслуговування. Мова йде про системи, що часто зустрічаються у техніці та економіці, та призначені для багаторазового використання при виконанні однотипових задач.

Теорія масового обслуговування спирається на теорію імовірностей і математичну статистику. Спочатку розвиток теорії масового обслуговування був пов'язаний з іменем датського вченого А. К. Ерланга, з його працями в галузі проектування та експлуатування телефонних станцій [2].

Наприклад, системи масового обслуговування можна розглядати як спортивні споруди (стадіони, спорткомплекси, льодові арени і т. п.), спортивні організації різних організаційно-правових форм (клубних співтовариств, одноосібного володіння, партнерства, акціонерних товариств), білетні каси, підприємства торгівлі та багато інших об'єктів.

Системи масового обслуговування включають деяку кількість обслуговуючих пристроїв, що мають назву каналів або ліній обслуговування. Роль каналів обслуговування можуть виконувати різні пристрої, лінії зв'язку, пристрої або люди, що виконують ті або інші операції, зокрема транспортні шляхи, касири або оператори. Системи масового обслуговування відрізняються за своєю будовою та рівнем складності. Їх прийнято поділяти на одноканальні та багатоканальні.

В індустрії спорту та інших галузях економіки можна застосовувати більшу кількість систем масового обслуговування, кожна з яких включає в себе різну кількість каналів обслуговування, має свою продуктивність і організаційну структуру. Залежно від указаних характеристик система масового обслуговування має певну ефективність функціонування – пропускну здатність. Коли яка-небудь система масового обслуговування з часом не

в змозі виконувати завдання, її замінюють на більш ефективну, котра краще задовольняє обсяг заявок.

У праці В. В. Галкіна запропоновано модель визначення середньої кількості покупців біля каси і середньої кількості часу, що витрачається вболівальником на придбання квитка [1]. Процедура обслуговування моделюється одноканальною системою масового обслуговування з очікуванням без обмежень на довжину черги і на час очікування. Подібна економіко-математична модель є універсальною. Її можна використовувати в різних галузях економічної діяльності, як для розрахунку кількості квитків, що продаються на стадіоні, так і для посадки людей до літака. Головна умова функціонування моделі – наявність черги.

Ми пропонуємо розширити межі дослідження застосування цієї моделі: яка раціональна кількість персоналу необхідна для задоволення потреб вболівальників під час виконання окремих видів обслуговування, тобто за якою оптимальною кількістю не буде створюватися велика черга, а персонал буде завантажений роботою у повній мірі, оскільки сучасні спортивні споруди є складною багатофункціональною системою з нерегулярним потоком часу і нерегулярним часом обслуговування.

Момент виникнення необхідності в роботі позначимо як Чр ; момент початку виконання роботи – Чп ; момент її закінчення – Чз . Слід зазначити, що момент появи роботи не завжди збігається з моментом її виконання.

Під час обробки інформації розраховуються:

- періоди між моментами появи вимог на виконання роботи (Чм_j):

$$\text{Чм}_j = \text{Чр}_j - \text{Чр}_{j-1}, \quad (6)$$

де j – порядковий номер необхідної роботи (вибір необхідного посадкового місця, розрахунок готівкою, розрахунок за допомогою платіжної картки, продаж супутніх товарів і т. п.) ($j = 1, 2, 3, \dots, n$);

- тривалість виконання роботи – Чт_j :

$$\text{Чт}_j = \text{Чз}_j - \text{Чп}_j. \quad (7)$$

В результаті обробки маємо ряди: періодів між моментами появи вимог на виконання роботи – Чм_j ($j = 2, 3, 4, \dots, n$); тривалість виконання роботи Чт_j ($j = 1, 2, 3, \dots, n$). Величини цих двох рядів використовуються у процесі створення моделі роботи з різними можливими варіантами чисельності персоналу.

У ході моделювання в графічній формі (рис. 1) за допомогою випадкових чисел і ряду значень Чм_j імітуються періоди між появою роботи.

Моменти виникнення чергової роботи відмічаються на вісі часу Ч . Розглядаються лінії, котрі відведені для кожного працівника, обирається перший вільний і йому доручається вимога, що виникає.

За допомогою нового випадкового числа і ряду значень Чт_j імітується тривалість виконання роботи.

Якщо в момент виконання чергового завдання весь персонал зайнятий, то для завдання, що розглядається на вісі Ч відмічається простій (чекання) – Чч до моменту вивільнення якого-небудь із працівників.

Моделювання доцільно виконувати за достатньо великий відрізок часу Чмод , щоб отримані результати були достовірними з погляду математичної статистики. Кількість випадкових чисел M :

$$M = 200 \cdot p \cdot 2, \quad (8)$$

де 200 – достатньо велике число з погляду математичної статистики;

p – чисельність персоналу в періоді, що досліджується;

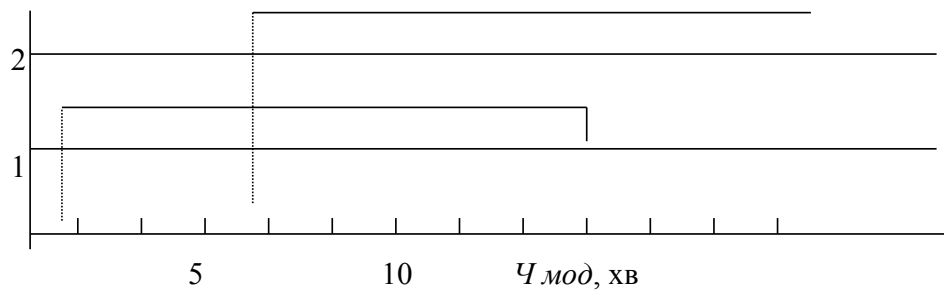
2 – кількість випадкових чисел, які використовуються в одному варіанті.

Далі розраховується:

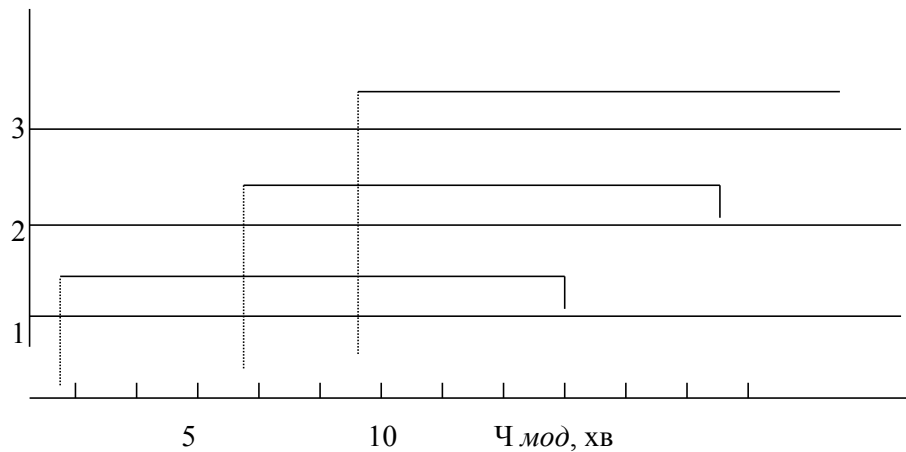
- загальний час зайнятості персоналу:

$$\text{Чзп} = \sum_{m=1}^M \text{Чт}_{j,m}; \quad (9)$$

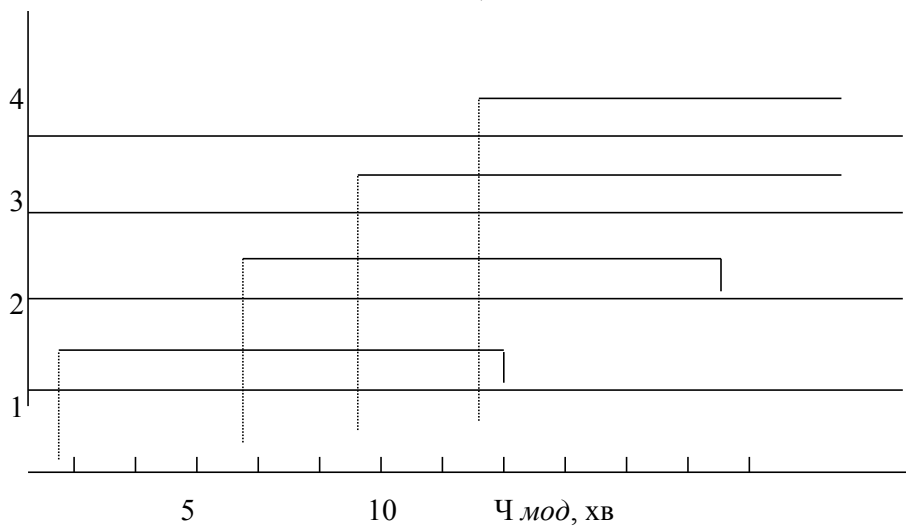
- загальний час простою робіт у черзі:



а)



б)



в)

Рис. 1. Графічні моделі створення процесу роботи: а) двома; б) трьома; в) чотирма працівниками

$$\text{Ч}_{\text{П}} = \sum_{m=1}^M \text{Ч}_{\text{ч},m} \quad (10)$$

Визначаються показники, які характеризують якість (ефективність) роботи при одному чи другому варіанті чисельності персоналу:

• коефіцієнт завантаженості персоналу:

$$\text{Кзп} = \frac{\text{Ч}_{\text{П}}}{p \cdot \text{Ч}_{\text{мод}}}, \quad (11)$$

де $\text{Ч}_{\text{мод}}$ – період моделювання, протягом якого відбувається вимірювання;

- коефіцієнт незайнятості персоналу:

$$K_{нп} = 1 - K_{зп}, \quad (12)$$

- коефіцієнт простою (очікування) роботи у черзі:

$$K_{ч} = \frac{Ч_{п}}{Ч_{мод}}. \quad (13)$$

Якщо $K_{зп}$ і $K_{нп}$ може змінюватися у межах від 0 до 1, то $K_{ч}$ може набувати значення більше за 1. Його сенс – середня кількість завдань (робіт), що знаходяться у черзі.

Отримані дані можна представляти як у вигляді графіка, так і таблиці. Підкреслимо, що за будь-якою кількістю персоналу може спостерігатися як простій роботи в черзі на виконання, так і незавантаженість. Це пояснюється нерегулярністю виникнення робіт і різним часом їх виконання.

Запропонована методика має ряд переваг. Вона дозволяє розглядати різні варіанти організації і механізму функціонування спортивних споруд. Статистичне моделювання достатньо правдиво імітує реальні умови роботи і дозволяє виявляти резерви. Однак, як і в будь-якій методиці, існують недоліки, зокрема

те, що вона може бути застосована для діючої системи або за допомогою висхідних даних іншої системи з метою моделювання тієї, що створюється. Подібного недоліку можна уникнути, якщо методику застосовувати одночасно з традиційними та періодично аналізувати роботу системи на відповідність раніше встановленої чисельності персоналу існуючим виробничим умовам.

ЛІТЕРАТУРА

1. Галкин В. В. Экономика спорта и спортивный бизнес : учеб. пособие для высших и средних проф. учебных заведений физ. культуры / В. В. Галкин. – М. : КноРус, 2006. – 324 с.
2. Agner K. Erlang / Agner K. *Nyt Tidsskrift for Matematik*. – 1909. – Vol. 20, №. В. (1909). – P. 33–39.
3. Арістова Л. В. Державна політика у сфері фізичної культури і спорту / Л. В. Арістова // Теорія і практика фізичної культури. – 1999. – № 5. – С. 35.
4. Введение в теорию физической культуры : доп. ком. по физ. культуре и спорту : учеб. пособие для ин-тов физ. культуры / под ред. Л. П. Матвеева. – М. : Физкультура и спорт, 1983. – 128 с.

В. С. Чижевский (Полтавская Государственная аграрная академия). Математические методы и моделирование процессов в экономике спорта.

Аннотация. Институт спорта определен как предмет самостоятельного экономического анализа, который должен стать фундаментом для поиска и разработки адекватного понимания процессов в сфере индустрии спорта. Автором обосновано, что для построения экономических прогнозов в области спорта является целесообразным широкое применение математического аппарата. Предложено комплексное использование имитационного моделирования для построения модели массового обслуживания, которая достаточно правдиво имитирует реальные условия работы и позволяет выявлять резервы.

Ключевые слова: моделирование, экономика спорта, массовое обслуживание, математические методы, спортивная индустрия.

V. S. Chyzhevskiy (Poltava State Agrarian Academy). Mathematical methods and modeling processes in the economy of sports.

Summary. In the article defined the Institute of sport as a subject of independent economic analysis, which has become the foundation for the exploration and development of an adequate understanding of the processes in the area of sport. The author proved that for building an economic forecasts in the field of sports appropriate to the widespread use of mathematics. A comprehensive application of simulation modeling to build models of queuing is enough truly mimics real conditions and can detect reserves.

Keywords: modeling, economy of sports, mass service, mathematical methods, sports industry.