

УДК: 685.659.33:004

С.О. Ляхов, Я.І. Вихлюк

## РОЗРОБКА ТА АНАЛІЗ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ ГІРСЬКОЛИЖНОГО ПІДЙОМНИКА

В статті представлена багатофакторна імітаційна модель організації роботи гірськолижного підйомника, яка розроблена за допомогою програми Extend LT. Ра допомогою моделі були проведені розрахунки для гірськолижного підйомника, який розташований у с. Мигово Чернівецької області.

The paper is about multifactor simulation model of organising work of mountain-skier lift which is developed by the Extend LT program. Using this model we have made calculation for a mountain-skier lift which is located in Migovo village in Chernivtsi region.

Ключові слова: імітаційна модель, гірськолижний підйомник, економічне моделювання.

Згідно з Указом Президента України «Про підтримку розвитку туризму в Україні», від 02.03.2001 [1] та Постанови Кабінету Міністрів «Про затвердження Державної програми розвитку туризму на 2002-2010 роки», від 29.04.2002 [2] з кожним роком все більше інвестицій спрямовується в оновлення старих або створення нових туристичних комплексів [3]. Кожний інвестор бажає якнайшвидше повернути свої кошти або бути хоча б впевненим у раціональності вкладання саме в цей туристичний об'єкт. Для визначення доцільності вкладання грошей можна використовувати прогнозування або моделювання [4]. Одним з перспективних напрямів моделювання є імітаційне моделювання, що дозволяє будувати моделі та імітувати процеси так, як вони проходили б насправді [5,6]. Таку модель можна «програти» в часі як для одного випробування, так і заданої їх множини. При цьому результати визначатимуться випадковим характером процесів. За цими даними можна отримати достатньо стійку статистику.

Серед авторів, які присвячували свої дослідження оптимізації роботи курортів зимового відпочинку, Н. Тхарніш та К. Рекла, які займались оптимізацією і моделюванням роботи підйомників: швидкість підйомника, ефективність підйомника, вартість надання послуг і т.п. Для оптимізації вони застосовують метод дробових факторіальних планів (fractional factorial designs) [7]. Коботіс А. та Васіліадіс К. запропонували використовувати ймовірнісно-оцінкову модель, для визначення привабливості місць туристичного відпочинку [8]. Також дослідженням у сфері туризму проводили Ф. Котлер, Д.Уокер, А.Чудновский, М. Жукова.

Дослідження рекреаційно-туристичної сфери та її впливу на розвиток регіональної економіки в Україні проводились такими вченими, як А.Бернацька, М.Габрель, В.Євдокименко, В.Кравців. Зокрема, Бернацька у своїх статтях звертає увагу на розвиток туризму на Кримському півострові. Інші автори в переважній більшості розглядають розвиток туризму у своєму регіоні загалом або в літній період часу.

Незважаючи на широке охоплення актуальних питань рекреації та туризму зазначеними авторами, тема гірськолижного туризму в Україні не висвітлюється майже жодним з дослідників, та вона є досить актуальною. Нам також не зустрічались імітаційні моделі, які розроблені для прогнозування роботи і розвитку туристично-рекреаційних систем в

Україні. Щодо закордонних науковців, то Маріанелла Карілло (Marianela Carrillo) та Джон М. Гонзалес (Jose M. Gonzalez ) запропонували імітаційну модель для передбачення поведінки розвитку туристичної індустрії на острові Тенериф[9].

Метою цього дослідження є побудова та апробація імітаційної моделі зимового відпочинку на гірськолижних комплексах. Найбільш приваблива ситуація для туристів, які взимку відвідують гірськолижні курорти, це задоволення максимальної кількості їх потреб при відсутності черг, зокрема біля підйомника, оскільки спуск на гірських лижах чи сноубордах є основною метою відпочинку для більшості рекреантів.

Особливістю моделі є багатofакторність. Враховуючи те, що більшість гірськолижних комплексів ведуть статистику кількості відвідувачів та видів наданих послуг, то нами як визначальні фактори, від яких залежить довжина черги, вибирались такі, які можна легко отримати із вищевказаних статистичних даних. Це, в свою чергу, значно полегшить практичну реалізацію моделі на діючих комплексах та дозволить приймати ефективні управлінські рішення як для покращення якості наданих послуг, так і з метою підвищення рентабельності комплексу.

Модель, що базувалась на експертних оцінках вхідних параметрів, була реалізована за допомогою програми Extend LT. Експертні оцінки були надані Відділом з питань туризму Чернівецької обласної державної адміністрації для одного з існуючих комплексів, що спеціалізується на наданні послуг гірськолижного відпочинку на Буковині. Як параметри моделі були вибрані такі величини.

Тривалість роботи підйомника. Згідно з експертними оцінками підйомник працює з 8 до 22 години.

Кількість людей, які прибувають на підйомник. Так, як люди добираються до гірськолижного підйомника різним транспортом, ми розділили їх на дві групи:

1. люди, які прибувають машинами;
2. люди, які прибувають на маршрутних таксі.

Експертні оцінки динаміки прибуття людей на комплекс представлені в табл.1.

Таблиця 1

Експертні оцінки прибуття людей

Вид оцінки	Експертні оцінки
Інтервал прибуття автомобілів	13-17 хвилин
Кількість людей в одному автомобілі	1-4 чоловіки
Припинення прибуття автомобілів	близько 12 години
Інтервал прибуття маршруток	25-35 хвилин
Кількість людей в одній маршрутці	0-15 чоловік
Припинення прибуття маршруток	близько 12 години
Залишення людьми спуску	після 18 спуску з ймовірністю 0,5 і збільшення ймовірності на 50% з кожним наступним спуском

Сучасний гірськолижний комплекс неможливо уявити без відповідної інфраструктури: кафе, ресторани, прокатні пункти, snow-tubing, снігоходи, катання на конях, сани, додаткові послуги тощо. На думку експертів, першочерговими факторами, які впливають на тривалість черг біля підйомників, є кафе та ресторани.

Згідно з експертними оцінками послуги громадського харчування працюють за графіком, наведеним в табл.2.

Таблиця 2

## Експертні оцінки роботи кафе

Вид оцінки	Експертні оцінки
Час найбільшого завантаження кафе	з 12 до 16 години
Вірогідність відвідування кафе людиною	70%
Місткість кафе	20 чоловік
Час перебування людини в кафе	5-25 хвилин

Коли кафе заповнене, то буде створюватись черга, яка також є важливим показником якісного обслуговування клієнтів.

Величина черги біля підйомника у певний момент часу визначається згідно з наступною формулою:

$$Q(t) = M(t) - N_{pid}(t) - Q_{cafe}(t) - N_{cafe}(t) - N_{home}(t), \quad (1)$$

де  $M(t)$  — загальна кількість людей, які приїхали до комплексу;  $N_{pid}(t)$  — кількість людей, які у певний момент часу перебувають на підйомнику або на спуску;  $Q_{cafe}(t)$  — величина черги біля кафе;  $N_{cafe}(t)$  — кількість людей, які перебувають у кафе;  $N_{home}(t)$  — кількість людей, які поїхали додому.

При створенні моделі в програмі Extend LT використовуються компоненти, які моделюють дискретні події, при цьому величина черги визначається з врахуванням ітераційності процесу:

$$Q(t + \Delta t) = Q(t) + N_1 - N_2, \quad (2)$$

де  $N_1$  — це кількість людей, які спустились зі спуску і пішли знову до підйомника, прийшли з кафе або приїхали машинами або маршрутками;  $N_2$  — кількість людей, яку збирає підйомник за час між ітераціями  $\Delta t$ .

Загальна кількість людей, які надїхали до комплексу:

$$M(t + \Delta t) = M(t) + N_{auto}(t + \Delta t) + N_{marsh}(t + \Delta t), \quad (3)$$

де  $N_{auto}(t + \Delta t)$  — кількість людей, які надїхали машинами за час  $\Delta t$ ;  $N_{marsh}(t + \Delta t)$  — кількість людей, які надїхали маршрутками за час  $\Delta t$ .

$$N_{pid}(t + \Delta t) = N_{pid}(t) + N_{in}(t + \Delta t) - N_{out}(t + \Delta t), \quad (4)$$

де  $N_{out}(t + \Delta t)$  — кількість людей, які пішли зі спуску до підйомника, до кафе або поїхали додому за час  $\Delta t$ ;  $N_{in}(t + \Delta t)$  — кількість людей, які скористались підйомником за час  $\Delta t$ .

$$Q_{cafe}(t + \Delta t) = Q_{cafe}(t) + N_{in\_q}(t + \Delta t) - N_{out\_cafe}(t + \Delta t), \quad (5)$$

де  $N_{out\_cafe}(t + \Delta t)$  — кількість людей, які вийшли з кафе і пішли до підйомника або поїхали додому за час  $\Delta t$ ;  $N_{in\_q}(t + \Delta t)$  — кількість людей, які стали в чергу за час  $\Delta t$ .

$$N_{cafe}(t + \Delta t) = N_{cafe}(t) + N_{out\_q}(t + \Delta t) - N_{out\_cafe}(t + \Delta t), \quad (6)$$

де  $N_{out\_q}(t + \Delta t)$  — кількість людей, яких обслужили біля стійки в кафе за час  $\Delta t$ .

Максимальну кількість рекреантів, при якій буде відсутня черга біля підйомника, за умови його постійної роботи можна отримати з таких міркувань. Припустимо, що  $V_u$  та  $V_d$  відповідно до швидкості підйому одного бугеля підйомника та спуску людини з гори;  $L_d$  та  $L_u$  — відповідно довжина підйомника та довжина спуску,  $t_0$  — час між двома бугелями;  $t_1$  — тривалість підготовки для спуску;  $\rho$  — кількість людей, яку підйомник може обслужити за одиницю часу. Якщо підйомник має  $n$  бугелів, кожен з яких може взяти  $k$  людей,  $\rho$  визначатиметься як:

$$\rho = \frac{knv_u}{2L_u}. \quad (7)$$

Час, який потрібно витратити людині, щоб піднятися вгору  $t_u$  і спуститись вниз  $t_d$ :

$$t_u = \frac{L_u}{V_u}, \quad (8)$$

$$t_d = \frac{L_d}{V_d}. \quad (9)$$

Отже, загальна тривалість одного спуску становить:

$$t_{full} = t_0 + t_u + t_1 + t_d \quad (10)$$

За цей час підйомник може обслужити  $\rho \times t_{full}$  людей. Тобто:

$$N_{max} = \rho(t_0 + t_u + t_1 + t_d). \quad (11)$$

Тоді максимально кількість людей, які відпочивають на комплексі і на спуску, при якій відсутня черга біля підйомника, визначається за такою формулою:

$$N_{max}(t) = \frac{knv_u}{2L_u}(t_0 + t_u + t_1 + t_d). \quad (12)$$

Згідно з експертними оцінками:  $t_0 = 20$  с;  $t_u = 7$  хв.

Враховуючи класичне формулювання центральної граничної теореми, ми припустили, що випадкові величини  $t_2$  та  $t_d$ , а також випадкові величини інтервалів приїзду машин та маршруток є стандартно нормально розподіленими випадковими величинами. Величини  $t_2$  та  $t_d$  можна змоделювати за допомогою перетворення Бокса-Мюллера, яке має такий вигляд [10]:

$$t_2 = \mu + \sigma z, \quad (13)$$

$$t_d = \mu_s + \sigma_s z, \quad (14)$$

$$z = \cos(2\pi\varphi)\sqrt{-2\ln r}, \quad (15)$$

де  $\mu = 30$  с — математичне сподівання часу підготовки до початку спуску,  $\sigma = 15$  с — стандартне відхилення часу підготовки до початку спуску,  $\mu_s = 15$  хв — математичне сподівання тривалості спуску,  $\sigma_s = 5$  хв стандартне відхилення тривалості спуску,  $r$  і  $\varphi$  — незалежні випадкові величини, рівномірно розподілені на інтервалі (0, 1). Так само моделюються інтервали прибуття транспорту.

Нами здійснено розрахунок динаміка розподілу кількості людей, що відпочивають на комплексі залежно від часу доби (усереднено за результатами 100 випробувань). Аналізуючи ці розрахунки, можна зробити висновок, що максимальна кількість людей, які приїжджають відпочивати на комплекс, досягається о 12 годині і коливається, залежно від номеру випробування, в межах 110-130 чоловік, що добре узгоджується з наявними експериментальними даними. При цьому, з 12:00 кількість відпочиваючих на комплексі не зменшується до 15:00 години за рахунок того, що рекреанти не отримали відповідну кількість бажаних послуг. З 15:00 відпочиваючі стомлюються і починають залишати підйомник. До 22 години практично всі рекреанти залишають комплекс.

За рахунок дискретного розподілу прибуття нових рекреантів, що прибувають автомобілем чи маршрутним таксі, біля підйомника з'являються яскраво виражені коливання черги. Ці коливання згодом зникають за рахунок різниці в часі перебування на трасі людей з різними навиками катання, що за своєю природою подібне до закону зростання ентропії замкнутої системи, найбільший внесок в коливання черги вносить прибуття маршрутних таксі, за рахунок яких черга збільшується до 8-17 осіб. Хоча середня довжина черги становитиме всього 3 особи, що менше 1 хвилини очікування в черзі.

На противагу маршрутним таксі, приїзд автомобілів не призводить до істотних коливань черги, це зумовлено меншим інтервалом прибуття машин та меншою кількістю новоприбулих людей одним авто. При цьому, в період знаходження максимальної кількості людей на комплексі з 12 до 15 години максимальна кількість людей в черзі не перевищує 9 осіб, що складає 3 хвилини очікування в черзі. З початком від'їзду людей черга поступово зменшується і після 20 години майже не утворюється.

Розрахунки динаміки коливання довжини черги в кафе в обідній час показують таке. Люди починають відпочивати в кафе після 12 години і найбільші коливання черги припадають на 14-15 годину та складають 10-12 осіб (40-80 хвилин очікування). Однак це не дуже впливає на коливання черги біля підйомника. Саме в цей час середня черга досягає величини всього 4 особи, а після обіду, коли більша частина людей повертається з кафе, коливання черги біля підйомника збільшується в середньому до 6-7 осіб. Тому розташування кафе біля підйомника є раціональним, воно не конкурує з підйомником, а доповнює його (черга біля підйомника в момент максимального завантаження кафе не зникає) — дозволяє збільшити прибуток і покращити обслуговування, зменшивши черги біля підйомника в час пік катання.

Проаналізувавши розрахунки, можна зробити висновок, що запропонована нами модель, яка використовує як вхідні дані технічні характеристики підйомника, динаміку приїзду і спуску зі схилу рекреантів та роботу закладів громадського харчування, відображає основні особливості роботи гірськолижного комплексу, що підтверджуються наявними експериментальними даними. Слід зазначити, що отримані результати узгоджуються з наявними експериментальними даними не тільки в середньостатистичному ракурсі, а й в імовірно-динамічному. А це, в свою чергу, свідчить про те, що імовірнісні процеси запроксимовані нормальним розподілом можуть використовуватись для імітування динамічних процесів в роботі комплексу. Враховуючи вищезазначене можна стверджувати, що запропонована модель є достовірною і може використовуватись як основа для подальшого моделювання та оптимізації роботи гірськолижних комплексів.

1. Указ Президента України «Про підтримку розвитку туризму в Україні» за №127/2001 від 02.03.2001 // Урядовий кур'єр, 14.03.2001, №45;
2. Постанова Кабміну України «Про затвердження Державної програми розвитку туризму на 2002-2010 роки» №583, від 29.04.2002 // Офіційний вісник України, 2002, №18 (17.05.2002), с. 935;
3. Концепція соціального-економічного розвитку Чернівецької області на період до 2011 року. — Чернівці: Прут, 2004;
4. Трояновский В. М. Математическое моделирование в менеджменте: Учеб. пособие. — М.: Русская деловая литература, 1999. — 240 с.;
5. Математика. Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. Ю.В. Прохоров. — 3-е изд. — М.: Большая Российская энциклопедия, 1998. — 848 с.;
6. Томашевський В.М. Моделювання систем: Підручник. — К., 2005. — 400 с.;
7. <http://www.isr.umd.edu/~austin/ense623.d/projects05.d/SkiResort-FinalReport.pdf>;
8. Kobotis A., Vassiliadis C.A. A Mathematical Model for Evaluating the Attractiveness of the Exhibited Tourist Attractions: An Expectancy Value Model. — *Tourism Analysis*, vol. 6, Number 2, 2001. — Pp. 149-153(5);
9. Carrillo M., Gonzalez J.M. A simulated model for the growth of tourism in south Tenerife. — *Systems Analysis Modelling Simulation*, vol. 40, Issue 2, 2001. — P. 181-195;
10. [http://uk.wikipedia.org/wiki/Перетворення\\_Бокса-Мюллера](http://uk.wikipedia.org/wiki/Перетворення_Бокса-Мюллера).