

Етап 1				
t	Використання	Заміна	Прибуток f1(t)	Обраний варіант
1	42,65	42,65	42,65	Не впливає

Тобто, починаючи з першого року експлуатації механізму, альтернативними оптимальними стратегіями відносно заміни механізму будуть:

- Заміна → Використання → Використання → Заміна;
- Заміна → Заміна → Використання → Використання.

Отже, загальний прибуток складає 42 650 умовних грошових одиниць.

Висновки. Розглянуто задачу оптимального розподілу інвестицій за допомогою динамічного програмування. Запропоновано алгоритм розв'язання та розв'язана чисельна задача за допомогою Mathcad.

Список використаних джерел

1. Беллман Р. Динамическое программирование. М.: Изд-во иностр. лит., 1960. – 400 с.
2. Беллман Р., Дрейфус С. Прикладные задачи динамического программирования. М.: Наука, 1965. – 458 с.
3. Беллман Р., Калаба Р. Динамическое программирование и современная теория управления. М.: Наука, 1969. – 118 с.
4. Хемди А Таха. Введение в исследование операций. 6-е издание.: Пер. с англ. – М.: «Вильямс», 2001. – 912 с.

УДК 330.115:338.48

Е.А. Шембелева

**Економіко-математические модели управления
развитием системы туризма**

*Обговорюються можливості підготовки
обґрунтованих управлінських рішень при управлінні*

розвитком і функціонуванням системи туризму регіону на основі використання сучасних економіко-математичних методів.

Ключові слова: *туризм, управління розвитком, моделювання, маршрутне резервування*

The paper discusses tools of preparing scientifically grounded managerial decisions in managing the tourism in the region by using modern advances in information technology and modeling.

Keywords: *tourism, management, modeling, route reservation*

Актуальность. Оптимальное управление функционированием и развитием туристско-рекреационного комплекса (ТРК) требует использования разнообразной информации о рекреационных ресурсах, наличии и стоимости услуг, развитии инфраструктуры и т.д. Система туризма является *сложной адаптивной системой* [17], являющейся частью таких суперсистем как природная среда, общество и экономика [1, с. 30]. Туристско-рекреационная деятельность является информационно насыщенной, а поэтому наибольший социально-экономический эффект от нее достигается путем внедрения новейших информационных технологий [2], [3], [8], [11], [14], [18].

Основные функции туризма: воспроизводящая, познавательная, а также функция самовыражения. Все эти функции тесно взаимосвязаны, дополняют и сопутствуют друг другу, позволяя осуществлять современный подход к туризму как программному обслуживанию. Программное обслуживание - это комплексное предоставление определенного набора услуг клиенту в процессе

преодоления им пространства, подчиненное одной цели (мотиву), побудившей его (клиента) к решению собственных проблем (возможности знакомства, обучения, самовыражения, удовлетворения любопытства и др.) с помощью путешествия. Программа обслуживания - это набор запланированных услуг, распределенный по дням и времени их предоставления. Основными видами услуг, входящими почти в любую туристскую программу обслуживания, являются: проживание; досугово-развлекательные услуги; питание; спортивные программы; экскурсионное обслуживание; курортные услуги; транспортные услуги; бытовые услуги и др. [4].

Таким образом, программный туризм включает предоставление туристам нормативно заданного объема услуг, оптимально соответствующего типу потребителя и цели путешествия, гарантирующего содержательную деятельность в соответствии с рекреационными потребностями. Каждый вид тура в зависимости от программы имеет особую специфику организации обслуживания туристов, распределения времени и предоставления услуг, технологии обслуживания туристов. При этом программа обслуживания строится исходя из основной цели путешествия [4].

При разработке оптимальной программы обслуживания туристов целесообразно использование модели маршрутного резервирования услуг, являющуюся модификацией модели предварительного резервирования [13]. Решение задач управления функционированием и развитием рекреационной системы возможно лишь на основе использования современных достижений информационных технологий и моделирования [8], [15], [23], в том числе системы поддержки принятия решений (СППР) [3], [10], [20], [22].

Интерес к СППР как к перспективной области использования ЭВМ, экономико-математических методов и моделей и как к инструментарию управления развитием ТРК в условиях становления рыночной системы и глобальных финансовых кризисов растет. СППР можно определить как интерактивную компьютерную систему, предназначенную для поддержки управленческих решений структурированных, слабоструктурированных и неструктурированных задач развития ТРК. СППР оказывает поддержку в принятии обоснованных решений с помощью экономико-математических моделей из банка моделей. Вопросы внедрения современных достижений информационных технологий, в том числе СППР, весьма актуальны в сфере туристско-рекреационной деятельности.

Анализ последних исследований и публикаций Вопросы организации информационных систем управления (ИСУ) и систем поддержки принятия решений (СППР) актуальны и широко освещаются в научной литературе. Орлов А.И. пишет: «Управление предприятиями в современных условиях требует все большей оперативности. Поэтому использование информационных систем управления предприятием (ИСУП) является одним из важнейших рычагов развития бизнеса» [9, с. 176]. Вопросы организации информационных систем управления (ИСУ) [5] и СППР [3], [10], [20], [22] актуальны и широко освещаются в научной литературе. Лемешев М.Я. и Щербина О.А. отмечают: «Управление рекреационной системой должно осуществляться на основе автоматизированной системы управления рекреационной деятельностью, в составе которой могут быть использованы имитационные и оптимизационные модели функционирования рекреационной системы...» [7, с. 153]. Мельниченко С.В.

отмечает, что внедрение в управленческую деятельность предприятий туристско-рекреационного комплекса исследовательского подхода базируется на применении современных достижений в сфере информационных технологий, которые обеспечивают полноту, своевременность информационного отображения управляемых процессов, возможность их моделирования, анализа и прогнозирования [8].

Нерешенные проблемы. Вопросы разработки ИСУ и СППР на предприятиях туристско-рекреационного комплекса недостаточно исследованы в работах украинских и зарубежных ученых. К нерешенным проблемам следует отнести то, что в Украине современные информационные технологии еще не получили достаточного распространения для эффективного применения в организации туристической рекреационной деятельности [8]. Для принятия решений в области управления развитием системы туризма необходим тщательный качественный и количественный анализ, который требует использования современных информационных технологий.

Королева Н.В. [6] к основным задачам функционирования рекреационных систем, решаемым с использованием экономико-математического моделирования относит моделирование резервирования рекреационных услуг. К таким задачам относятся маршрутное, оптимальное предварительное резервирование гостиничных номеров, резервирование при наличии нескольких видов рекреационных услуг с вариациями сроков использования ресурсов, а также выбор поставщика услуг. Однако следует отметить, что до настоящего времени упомянутые модели на практике не использовались.

Современные рекомендуемые системы¹ [21] способны помочь туристам в выборе турпродуктов (размещение, виды деятельности, виды транспорта и т.п.), в планировании путешествий в какой-либо географической области, такой как регион или город², при этом подобная система должна быть способна строить туристские маршруты, учитывающие интересы туристов [19].

Все вышесказанное подчеркивает актуальность разработки и внедрения экономико-математических моделей маршрутного резервирования услуг в рекреации.

Для решения задач управления в области туризма и рекреации, необходима фактическая информация и современные информационные технологии, а также в технологиях аналитического моделирования, максимально ориентированных на непрофессионального пользователя.

Цель статьи. Цель статьи – использование при разработке банка моделей СППР современных технологий аналитического моделирования для экономико-математических моделей оптимального маршрутного резервирования рекреационных услуг.

Постановка задачи. В статье предлагается экономико-математическая модель резервирования рекреационных услуг, до настоящего времени не использованной на практике.

Изложение основного материала. Для поддержки принятия стратегических, тактических и оперативных решений в информационной технологии предприятий

¹ Рекомендуемые системы - это приложения, которые используются сайтами электронной коммерции для предложения продуктов и информационного обеспечения потребителей, осуществляя тем самым поддержку принятия решений.

² Обзор моделей построения туристских маршрутов сделан в работе [23].

системы туризма должны использоваться СППР, которые должны иметь достаточно мощный аналитический аппарат с банком экономико-математических моделей. Основными характеристиками таких систем являются: возможность решения сложных задач управления функционированием и развитием предприятий ТРК; наличие технологий аналитического моделирования, максимально ориентированных на непрофессионального пользователя ЭВМ – ЛПР; гибкость и адаптируемость, возможность легко менять постановки решаемых задач и исходной информации.

Разработка экономико-математических моделей с использованием методологии исследования операций - один из самых надежных способов достигнуть глубокого понимания рассматриваемых процессов и проблем. Экономико-математические модели могут использоваться для того, чтобы предсказать последствия решений, предложенных ЛПР или найденных СППР.

Рассмотрим модель маршрутного резервирования рекреационных ресурсов, являющуюся модификацией модели предварительного резервирования. Имеются ресурсы k типов $r = 1, \dots, k$ (в том числе и рекреационные), обеспечивающие некоторые рекреационные услуги $f = 1, \dots, N$, причем наличное количество ресурса типа r в i -й период времени ($i = 1, \dots, T$) составляет b_{ri} . Услуга f использует ресурсы $r \in R_f$ в течение некоторого промежутка времени. Обозначим через Φ_r множество услуг, использующих ресурс типа r . Имеется n_1 заявок на использование рекреационных ресурсов. Считаем, что все заявки поступают заблаговременно, скажем в период 0). В каждой

заявке W_l указывается запрашиваемое количество ресурса q_{flr} типа r , необходимое для обеспечения услуги f (в заявке может указываться не само количество ресурса, а число туристов, а необходимое количество ресурса может потом быть легко вычислено), последовательность рекреационных услуг $F_l = \{f_{l1}, \dots, f_{l_{s_l}}\}$. Использование ресурсов заявкой W_l определяется именно заданной последовательностью (эта последовательность образует маршрут, отсюда и название – модель маршрутного резервирования), заданы множества вариантов $P_l \subseteq \{1, \dots, n\}$ организации рекреационного процесса для заявки W_l , причем для каждого варианта предполагается известным доход, получаемый в результате реализации услуг.

Задача состоит в том, чтобы из всего множества заявок W_1, \dots, W_{n_1} выбрать некоторое подмножество W_{k_1}, \dots, W_{k_r} для включения в обслуживание согласно некоторым вариантам (которые также необходимо установить), чтобы количество резервированного по заявкам ресурса типа r в i -й период времени не превышало выделенного количества ресурса b_{ri} ($i = 1, \dots, T; r = 1, \dots, k$) и целевая функция достигала максимума в результате обслуживания заявок за интервал планирования $[1, T]$.

Итак, каждая заявка имеет вид:

$$W_l = (\{q_{flr}\}_r, P_l), \quad l = 1, \dots, n_1.$$

Каждый из вариантов $j \in P_l$ заявки W_l описывается следующим образом:

$$(c_j, \alpha_{f_1j}, \beta_{f_1j}, \dots, \alpha_{f_sj}, \beta_{f_sj}),$$

где c_j - доход от реализации варианта $j \in P_l$,

q_{jr} - запрашиваемое количество ресурса типа r ,
необходимое для услуги f ;

$\alpha_{f_pj}, \beta_{f_pj}$ - соответственно начало и конец услуги f_p при
реализации варианта j ;

s_l - число услуг, входящих в рекреационный процесс для
заявки W_l ;

n - общее число вариантов ($n = \sum_{l=1}^{n_1} |P_l|$).

Сроки начала и окончания использования ресурсов
предполагаются согласованными, т.е.

$$\alpha_{f_{p+1}j} = \beta_{f_pj} + 1 \quad (p = 1, \dots, s_l - 1).$$

Введем бинарную решающую переменную x_j :

$$x_j = \begin{cases} 1, & \text{если заявка } j \text{ принята в обслуживание,} \\ 0 & \text{- в противном случае.} \end{cases}$$

В результате формализации условий задачи получим
модель оптимального маршрутного резервирования:

$$\sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \max$$

при ограничениях

$$\sum_{f \in \Phi_r} \sum_{j \in F_{if}} q_{fjr} x_j \leq b_{ri}, \quad r = 1, \dots, k; \quad i = 1, \dots, T,$$

$$\sum_{j \in P_l} x_j \leq 1, \quad l = 1, \dots, n_1,$$

$$x_j = 0, 1, \quad j \in P_1 \cup \dots \cup P_{n_1},$$

где $F_{if} = \{j | \alpha_{fj} \leq i \leq \beta_{fj}, j \in P_i\}$,

Содержательно, F_{if} - множество тех вариантов j удовлетворения заявок, которые попадают в период i для услуги f .

Как отмечено в [13], задача оптимального резервирования имеет матрицу ограничений, называемой обобщенной матрицей Петри, имеющей ряд интересных свойств и приложений.

Задача оптимального маршрутного резервирования может быть решена с помощью локального элиминационного алгоритма [16].

При построении банка моделей, изучении и применении процедур принятия решений в СППР используются различные технологии аналитического моделирования [12], которые можно разделить на несколько групп: модели оптимизации, в том числе дискретные и многокритериальные оптимизационные модели; модели, учитывающие неопределенность, прежде всего, имитационные модели; а также другие модели.

Автором предлагается использовать алгебраические языки моделирования (АЯМ) в качестве аналитических технологий моделирования задач оптимизации функционирования и развития туристско-рекреационного комплекса. В АЯМ оптимизационная модель записывается в форме, близкой к математической записи (см. рис. 1), что является важной чертой алгебраических языков моделирования. Важным преимуществом концепции разделения модели и данных в АЯМ является возможность использования в период разработки модели «игрушечных» отладочных моделей с небольшими тестовыми массивами данных, а в дальнейшем отлаженная на этих простых примерах модель без каких-либо изменений может быть

использована для решения больших производственных задач с реальными объемами информации.

Для непрофессиональных пользователей компьютеров и математических методов целесообразно использовать алгебраические языки моделирования типа AMPL, позволяющие не только записывать модели, но и решать полученные задачи с помощью современных решателей. Модель оптимального маршрутного резервирования на AMPL приведена ниже.

Модель на АЯМ AMPL	Комментарий
param T>=0;	Описание параметра T .
param n1>=0;	Описание параметра n_1 .
param k>=0;	Описание параметра k .
set J;	Описание множества вариантов заявок
set I=1..T;	Описание множества индексов интервала планирования $[1, T]$
set R=1..k;	Описание множества индексов ресурсов $r = 1, \dots, k$
set L=1..n1;	Описание множества индексов заявок $l = 1, \dots, n_1$.
set Phi{R};	Описание множества индексов услуг Φ_r , использующих ресурс типа r
set P{L};	Описание множества индексов вариантов организации $P_l \subseteq \{1, \dots, n\}$ рекреационного процесса

	для заявки W_l .
param c {J};	Описание параметра c_j .
param alfa {r in R, Phi[r], J} >= 0;	Описание параметра $\alpha_{f_p,j}$ - начала услуги f_p при реализации варианта j .
param beta {r in R, Phi[r], J} >= 0;	Описание параметра $\beta_{f_p,j}$ - конца услуги f_p при реализации варианта j .
param q {r in R, Phi[r], J};	Описание параметра q_{flr} - запрашиваемого количества ресурса типа r , необходимого для услуги f .
param b {R, I} >= 0;	Описание параметра b_{ri} ($i = 1, \dots, T; r = 1, \dots, k$) выделенного количества ресурса типа r в i -й период времени.
var x {J} binary;	Описание булевой переменной x_j .
maximize profit: sum {J} c[j]*x[j]	Запись целевой функции $\sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \max$
subject to res1 {r in R, i in I}: sum {f in Phi[r]} sum {l in L, j in P[l]: alfa[r, f, j] * x[j] <= i <= beta[r, f, j] * q[r, f, j] * x[j] <= b[r, i];	Запись ограничения $\sum_{r=1}^{M^+} x_{rj} \leq h_j, j = 1, \dots, n,$
subject to num1 {r in R, l in LL}: nmin[l] * z[r] <= sum {j in JJ[l]} x[r,j];	$\sum_{f \in \Phi_r} \sum_{j \in F_{fj}} q_{flr} x_j \leq b_{ri}, r = 1, \dots, k; i = 1, \dots, T$

subject to res2 {l in L} : sum {j in P[l]} x[j] <=1;	Запись ограничения $\sum_{j \in P_l} x_j \leq 1, \quad l = 1, \dots, n_1$
---	--

Рис. 1. Модель оптимального маршрутного резервирования, записанная на AMPL..

Решая эту задачу бинарного линейного программирования с помощью AMPL, находим решающие переменные x_j , согласно которым резервируем рекреационный ресурс для соответствующей заявки, если $x_j=1$ или отказываем в резервировании, если $x_j=0$.

Многие АЯМ используют интерфейс ODBC для автоматического доступа к данным, а также интерфейс к большинству табличных процессоров (таких, как Excel), что освобождает пользователя от трудоемкой обязанности поиска соответствующих данных при каждом использовании модели.

AMPL (A Modeling Language for Mathematical Programming) (<http://www.ampl.com>) - это система математического моделирования, которая может быть использована для построения, коррекции, оптимизации, документирования больших математических моделей. Эта система состоит из компилятора и из интегрированных оптимизационных пакетов (решателей). Компилятор AMPL транслирует модели, записанные на языке AMPL, в форму, приемлемую для выбранного решателя, автоматически вызывает решатель, читает решение и записывает в своем формате, печатает заданные пользователем отчеты и сообщения о результатах расчетов. AMPL позволяет формировать большие модели,

которые могут быть быстро скорректированы для новых ситуаций.

Таким образом, запись дискретной модели управления развитием системы туризма на АЯМ AMPL очень похожа на современную математическую запись (подобную LATEX) (см. рис. 1) и позволяет решать практические задачи оптимизации с помощью выбора соответствующего решателя. При этом пользователь ЭВМ – ЛПР не должен думать об алгоритме решения задачи, а может анализировать полученное решение и модифицировать, если потребуется, модель.

Выводы. Использование алгебраических языков моделирования в качестве аналитических технологий моделирования позволяет формировать банк моделей СППР в сфере туристско-рекреационной деятельности, используя форму записи, понятную менеджеру – непрофессиональному пользователю математических методов, что позволяет ему эффективно использовать современные технологии моделирования и современные решатели задач оптимизации. К числу дальнейших разработок в этой области следует отнести разработку банка моделей управления функционированием и развитием предприятий ТРК на различных уровнях управления.

Список использованных источников

1. Валуев С.А. Системный анализ в экономике и организации производства / С.А. Валуев, В.Н. Волкова, А.П. Градов и др. / Под общей ред. С.А. Валуева, В.Н.Волковой. – Л.: Политехника 2001. – 398 с.
2. Гуляев В.Г. Новые информационные технологии в туризме / В.Г. Гуляев. – М.: «Издательство ПРИОР», 1999. – 144 с.
3. Донской В.И. Создание системы математического и информационного обеспечения автоматизации задач исследования рекреационных систем / В.И. Донской, О.А.

- Щербина // Организация, методы и технология проектирования. - М.: ВНИИС. – 1980. - № 6. - С. 25-29.
4. Зорин И.В. Менеджмент туризма. Туризм как вид деятельности: Учебник / И.В. Зорин, Т.П. Каверина, В.А. Квартальное и др. - М.: Финансы и статистика, 2005. - 288 с.
 5. Информационные технологии управления: Учеб. пособие для вузов / Под ред. проф. Г.А. Титоренко. 2-е изд., доп. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. - 439 с.
 6. Королева Н.В. Концептуальные основы моделирования направлений развития туризма в рекреационных зонах в условиях рыночной экономики / Н.В. Королева // Общество: политика, экономика, право. – 2011. - №2. - С.110-116.
 7. Лемешев М.Я. Оптимизация рекреационной деятельности: монография / М.Я. Лемешев, О.А.Щербина – Москва: Экономика, 1986. – 160 с.
 8. Мельниченко С. В. Інформаційні технології в туризмі: теорія, методологія, практика: монографія / С. В. Мельниченко. - К. : Київ, нац. торг.-екон. ун-т, 2008. - 494 с.
 9. Орлов А.И. Теория принятия решений. Учебное пособие / А.И.Орлов. - М.: Издательство «Март», 2004. - 656 с.
 10. Ситник В.Ф. Системи підтримки прийняття рішень: Навч. посіб. / В.Ф. Ситник - К.: КНЕУ, 2004. - 614 с.
 11. Шембелева Е. А. О системах поддержки принятия управленческих решений на предприятиях туристско-рекреационного комплекса / Е. А. Шембелева // Экономика Крыма. – 2010. – № 1(30). – С. 237-240.
 12. Шембелева Е. А. О современных технологиях аналитического моделирования при разработке оптимальной стратегии развития туристско-рекреационного комплекса / Е. А. Шембелева // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. Выпуск 25. Экономические науки. – Симферополь: НИЦ КИПУ, 2010. - С. 246-249.
 13. Шембелева Е. А. Модели предварительного резервирования рекреационных услуг / Е. А. Шембелева, О. А. Щербина: Доклады четвертой научной конференции [Теория расписаний и методы декомпозиции (IV Танаевские чтения)], (Минск. 29-30 марта 2010 г.) / ОИПИ НАН Беларуси. - Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2010. С. 147–149.
-

14. Широкова Г.В. Применение информационных технологий в индустрии туризма: Дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Г.В. Широкова. - СПб., 1998. - 178 с.
15. Щербина О.А. Экономико-математические модели развития и размещения рекреационных систем / О.А. Щербина // Экономика и матем. методы. – 1982. - 18, № 2. – С. 344-348.
16. Щербина О. А. Локальные элиминационные алгоритмы решения разреженных дискретных задач / О.А. Щербина // Журнал вычислительной математики и математической физики. - 2008. - Т. 48, N 1. - С. 161–177.
17. Baggio R. Symptoms of complexity in a tourism system / R. Baggio // Tourism Analysis. – 2008. - 13(1). – P. 1-20.
18. Buhalis D. Information Technology in Tourism: the state of the art / D. Buhalis // Tourism Recreation Research. - 2000. - Vol.25(1). - P. 41-58.
19. Di Bitonto, P., Di Tria, F., Laterza, M., Roselli, T., Rossano, V., & Tangorra, F. (2010). Automated generation of itineraries in recommender systems for tourism / P. Di Bitonto, F. Di Tria, M. Laterza, T. Roselli, V. Rossano, and F. Tangorra // Proceedings of the 10th international conference on current trends in web engineering (ICWE'10) F. Daniel & F.M. Facca (Eds.) (pp. 498–508). Berlin, Heidelberg: Springer.,
20. Handbook on Decision Support Systems: Foundations and Variations. 1, 2. (International Handbooks on Information Systems) / Burstein F., Holsapple C.W. (eds.). - Springer-Verlag, 2008. - 854 p.
21. Ricci F. Travel recommender systems / F. Ricci // Journal IEEE Intelligent Systems. – 2002. – 17. – P. 55–57.
22. Shcherbina O. Computer-based system of tourism and recreational systems study and optimization / O. Shcherbina, E. Shembeleva // Tourism analysis: an interdisciplinary journal. – 2008. - V. 13. – P. 93-98.
23. Shcherbina O. Modeling recreational systems using optimization techniques and information technologies / O. Shcherbina, E. Shembeleva // Annals of Operations Research (10 November 2011), pp. 1-21, doi:10.1007/s10479-011-1011-3. – Режим доступа: http://www.optimization-online.org/DB_FILE/2011/10/3219.pdf.