

УДК 658.012:656.7(045)

Г.М. Юн, д.т.н.
К.В.Маринцева, к.э.н.**ПОЭТАПНЫЙ МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ
АВИАТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ**

Национальный авиационный университет, e-mail: yun@ua.fm

Предлагается поэтапный метод нахождения конкурентного рейтинга аэропортов, основанный на использовании двойственных переменных распределительной задачи линейного программирования.

Ключевые слова: аэропорт, аэродром, инвестиции, оптимизация, параметры.

Вступление. Какие из нескольких десятков аэропортов Украины экономически наиболее привлекательны с точки зрения потенциального инвестора? Насколько глубокой должна быть их реконструкция? Какова последовательность процесса реконструкции и динамика инвестиций? Кроме того, как совместить эти ближайшие планы с принятой правительством Государственной целевой программой развития аэропортов Украины до 2023 года? Вот вопросы, которые в совокупности представляли сложную технико-экономическую и организационную проблему накануне проведения ЕВРО-2012, успешное решение которой невозможно без применения методов системного анализа и математического программирования.

Анализ исследований и публикаций. Проблема определения перспективных для развития и инвестиций аэропортов рассматривается учеными в сфере как экономических, так и технических наук. Так в работе [1] для прогнозирования объемов отправок из аэропортов Украины предлагается учитывать экономическую эффективность функционирования данных предприятий. Для этого автор [1] разработал интегральный показатель эффективности, с помощью которого затем составляется рейтинг аэропортов. В свою очередь, интегральный показатель эффективности состоит из обработки 15 выделенных автором экономических показателей, которые, с его точки зрения, характеризуют эффективность функционирования аэропортов. Применение такого подхода показало высокую корреляцию экономических показателей деятельности с объемами пассажиро - и грузопотоков. Выявлено, что сопоставление показателей аэропорта Борисполь с аналогичными показателями других аэропортов Украины не является корректным, так как они значительно превосходят средние значения по аэропортам Украины. По предложенной методике наиболее перспективными оказались следующие аэропорты: Борисполь, Одесса, Симферополь, Николаев, Львов, Киев (Жуляны), Днепропетровск, Донецк, Запорожье и Харьков. То есть, в основном, это те аэропорты, которые в настоящее время имеют более-менее стабильный пассажирооборот.

Для определения перспективных аэропортов Акимовой Т.А. [2] предлагается использовать обобщенный коэффициент конкурентоспособности аэропорта, который зависит от таких критериев эффективности как стоимость обслуживания, качество обслуживания, безопасность государства. В другой работе данного автора [3] для оценки инвестиционной привлекательности аэропортов используется метод анализа иерархий, суть которого сводится к обработке экспертных суждений о важности рассчитанных экономических показателей (NPV, IRR, PBP) по проектам развития аэропортов.

Системное видение проблемы выбора аэропортов для инвестирования находим в работе [4], в которой подчеркивается важность учета взаимосвязи экономических и технико-технологических параметров аэропорта. Именно такой подход будет реализован в исследованиях, изложенных в данной статье.

Постановка задачи. Цель статьи – разработать метод, с помощью которого можно будет достаточно эффективно решать отдельные задачи оценки конкурентного рейтинга аэропортов из их обширного перечня, порождаемого необходимостью решения названной выше проблемы развития аэропортов в целом. Принято различать три основных вида деятельности аэропорта: авиационный, неавиационный и вспомогательный. В настоящей статье рассматривается оценка инвестиционной привлекательности аэропорта в части его авиационного вида деятельности.

Прежде чем приступить к формальной постановке задачи и описанию метода её решения,

необходимо внести ясність в само поняття «реконструкція». Що ми розуміємо під реконструкцією аеропорту, які витрати при цьому враховуємо і яким чином варіації по рівню реконструкції окремих аеропортів відображаються на сумарних витратах всієї сукупності конкуруючих аеропортів розглянутого регіону.

Типичний аеропорт складає з аеровокзалу і підприємств аеропортового комплексу з багатьма складними інженерними об'єктами, включаючи, зокрема, аеродром.

Аеродром характеризується великим числом параметрів, основними з яких є: B_k – приведена пропускна спроможність по літаку-вильотам, залежна від параметрів технічних засобів управління повітряним рухом в зоні аеропорту, кількості ВПП і їх взаємного розташування, $L_{\hat{A}i j}$ – довжини ВПП, σ – допустимої міцності покриття ВПП, $h_{\hat{A}i j}$ – висоти над рівнем моря, $t_{\hat{A}i j}$ – середньорічної температури в зоні аеродрому, $\alpha_{\hat{A}i j}$ – ухилу ВПП. Ці основні параметри аеропорту достатньо для того, щоб, знаючи льотно-посадочні характеристики повітряного судна (ВС), судити про можливість його експлуатації на розглянутому аеродромі.

В залежності від величини кожного з основних параметрів всі аеродроми згідно ВНТП 1-85 [5] прийнято ділити на шість класів, як це показано в таблиці 1. Класифікація аеродромів проводиться по довжині головної льотно-посадочної смуги з штучним покриттям (ІВПП) в стандартних аеродромних умовах. Потрібні довжини ІВПП і льотних смуг визначаються з умови забезпечення безпеки перерваного і продовженого льоту, а також посадки розрахункового типу повітряного судна з максимальною льотною (посадочною) масою з урахуванням можливого відмови одного з двигачів. Аеродром відноситься до відповідного класу, якщо довжина головної ІВПП, приведена до стандартних аеродромних умов (ідеально сухої повітря, температура повітря 15°C, атмосферний тиск 760 мм.рт.ст. штиль, поверхня ВПП горизонтальна і суха, покриття ВПП цементобетонне), не нижче класифікаційних показувачів, вказаних в таблиці 1.

Таблиця 1

Залежність класу аеродрому від довжини ВПП в стандартних умовах

Клас аеродрому	А	Б	В	Г	Д	Е
Довжина льотно-посадочної смуги в стандартних умовах, м	3200	2600	1800	1300	1000	500

Це означає, що нескінченне множинство значень вектора основних параметрів аеродрому замінено дискретними значеннями послідовності класів: від аеродрому класу А до аеродрому класу Е. Клас аеропорту визначається річним об'ємом пасажирських перевезень (пасажирооборотом), т.е. сумарним кількістю всіх прилітаючих і вильотуючих пасажирів, включаючи транзитних.

Таблиця 2

Залежність класу аеропорту від річного об'єму пасажирських перевезень

Клас аеропорту	Внеклассный	I	II	III	IV	V	Некласифікований
Річний об'єм пасажирських перевезень, тис. осіб	Більше 10000	10000	7000	4000	2000	500	Менше 100
		–	–	–	–	–	
		7000	4000	2000	500	100	

В такому випадку варіації по рівню реконструкції будемо трактувати як перехід від одного класу до іншого, більш високого. При цьому витрати, пов'язані з таким переходом, вважаються відомими. Крім того, для аеропорту k раніше відомі \hat{A}_k і I_k – типаж приймаємих ВС, що рівносильно заданню основних параметрів аеропорту, і $C_{\hat{A}i j}^{xe}$ – експлуатаційні витрати. При фіксованій конфігурації авіасітки інші параметри, тобто $h_{\hat{A}i j}$ і $t_{\hat{A}i j}$ слід вважати фазовими координатами, які входять в вираження комерційної навантаженості ВС ($G_{\hat{e}i j}$) при побудові матриці коефіцієнтів розподільчої задачі закріплення ВС за авіалініями [6].

Безумовно, в процесі агрегування параметрів завжди втрачаються деякі специфічні властивості окремих аеродромів. Однак, беручи до уваги той факт, що результати операційного моделювання всі рівно уточнюються (неформально) особою, що приймає рішення з урахуванням додаткових факторів, такої

подход – условимся называть его нормативным – представляется авторам статьи достаточно корректным.

Аэровокзальный комплекс тоже характеризуется большим числом параметров. Одним из основных является D_k – пропускная способность терминалов по пассажиропотоку, которую будем отождествлять с классом аэропорта. В общей постановке задачи, когда требуется выполнить весь объём перевозок на сети авиалиний, то есть удовлетворять максимальный прогнозируемый спрос, ограничения по параметру D_k не включаются в распределительную задачу, так как их можно легко проверить до начала решения задачи. Ясно, что для любого аэропорта $k \in \{1, \bar{l}\}$ должно выполняться условие $\sum_{j \in J_k} d_j \leq d_j$, где d_j – спрос на j -й

авиалинии; J_k множество авиалиний, прикреплённых к k -у аэропорту. Если для некоторого $\bar{k} \in \{1, \bar{l}\}$ это условие не выполняется, то класс \bar{k} -о аэропорта повышаем до тех пор, пока не получим $\sum_{j \in J_k} d_j \leq D_{\bar{k}}$. Необходимые для повышения класса этого аэропорта расходы следует

рассматривать как неизбежные и включать в затраты на реконструкцию. Отсюда следует, что в контексте общей задачи реконструкции управляемыми параметрами аэропорта являются \hat{A}_k и D_k , которые в агрегированном виде можно выразить через класс аэропорта, предполагая, что ему должен соответствовать класс аэродрома.

Модель задачи реконструкции при пятилетнем планировании, очевидно, будет отличаться от подобной задачи перспективного планирования более жёсткими ограничениями на: поставки новых ВС, структуру исходного парка, частоту полётов на авиалиниях и в зоне аэропорта, инвестиции, общее количество реконструируемых аэропортов, возможности строительства новых аэропортов и т.п. Тогда с методологической точки зрения более «мягкую» структуру задачи перспективного планирования развития аэропортов можно трактовать как частный случай задачи пятилетнего планирования. Поэтому в данной статье будет рассматриваться только задача пятилетнего планирования.

Пусть задана конфигурации сети авиалиний. Для некоторого фиксированного года $t \in [1, T]$, где T – протяжённость планового периода, суммарные затраты (капитальные вложения + эксплуатационные расходы) зависят от вектора параметров аэропорта y и вектора параметров парка ВС x :

$$C(x, y) = C_{AN}(x, y) + C_{AI}(y, x) \quad (1)$$

Здесь $C_{AN}(x, y)$ – суммарные затраты на парк ВС, $C_{AI}(y, x)$ – суммарные затраты по аэропортам.

Легко показать, что эксплуатация заданного парка ВС на сети существующих аэропортов приведёт к возрастанию $C_{AN}(x, y)$. Вместе с тем всякое решение (x, y) , принимаемое с целью снижения C_{AN} , ведёт к увеличению C_{AI} . Действительно, ввод в эксплуатацию новых типов ВС с большим взлётным весом (например, аэробусов) или с большей взлётной дистанцией потребует увеличения размеров ВПП аэродрома и несущей способности искусственных покрытий, а следовательно, увеличения C_{AI} , как это и случилось с аэропортами «Киев», «Львов» и другими, прошедшими реконструкцию накануне ЕВРО-2012. С другой стороны, рост аэропортовых инвестиций влечёт за собой увеличение принимаемости k -о аэропорта. То есть типоразмерный ряд I_k позволит принимать новые типы ВС, которые ранее не обслуживались в k -м аэропорту. Интуитивно можно предположить, что оптимальное решение (x^*, y^*) лежит где-то между двумя крайними: когда аэропорты вовсе не реконструируются и когда они реконструируются в полном соответствии с требованиями взлётно-посадочных данных ВС, выбранных без ограничений на принимаемость аэропортов.

Изложение основного материала. Пусть для года $t \in [1, T]$ известно оптимальное распределение парка самолётов по авиалиниям при существующем к этому году состоянии аэропортов, то есть до их реконструкции. Очевидно, что в этом случае $C_{AI} = 0$, а функция

$C_{\hat{A}\hat{N}}$ достигает своего наибольшего значения. Если теперь наращивать $C_{\hat{A}\hat{I}}(y, \bar{x})$ путём реконструкции некоторых аэропортов при фиксированном парке \bar{x} , то есть изменяя значение вектора y , то, возможно, будет достигнута такая степень реконструкции y^* , при которой суммарные затраты $C(x, y)$ станут наименьшими за счёт снижения $C_{\hat{A}\hat{N}}$. Однако соответствующие затраты $C_{\hat{A}\hat{I}}$ не должны превышать запланированные на год t аэропортовые расходы $\zeta(t)$.

Таким образом, задача оптимальной реконструкции аэропортов может быть сформулирована в следующем виде: при ограниченной величине аэропортовых затрат $C_{\hat{A}\hat{I}} \leq \zeta(t)$ найти такую последовательность и глубину реконструкции аэропортов, чтобы суммарные затраты $C(x, y)$ были минимальными.

Рассмотрим алгоритм приближённого решения сформулированной задачи.

5. Из исходного множества аэропортов экспертным путём исключаются те аэропорты, реконструкция которых либо невозможна, либо predetermined заранее в директивном порядке.

6. В оставшемся подмножестве выявляются те аэропорты, реконструкция которых экономически целесообразна в смысле снижения суммарных затрат $C(x, y)$. Обозначим множество таких аэропортов как A_R .

7. Просматриваются случайные сочетания аэропортов из множества A_R при различных уровнях реконструкции. В результате сравнения выбираем такую комбинацию реконструируемых аэропортов и уровень их реконструкции, которые позволяют максимально снизить $C(x, y)$ в сравнении с исходными затратами $C_0(x, y)$.

Количественную оценку ожидаемого эффекта от реконструкции получаем на основе анализа модели распределительной задачи на чувствительность к изменению управляемых параметров \hat{A}_k и I_k . Для удобства изложения последующего материала представим одну из версий статической распределительной задачи, опубликованной в [7]:

Требуется минимизировать суммарные приведенные затраты

$$C_{\hat{A}\hat{N}} = \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} c_{ij} x_{ij} \quad (2)$$

при ограничениях

$$\sum_{i \in I} p_{ij} x_{ij} \geq d_j, \quad j \in J \quad (3)$$

$$\sum_{i \in I} v_{ij} x_{ij} \geq b_j, \quad j \in J \quad (4)$$

$$\sum_{j \in J} \sum_{i \in I} v_{ij} x_{ij} \leq B_k, \quad k \in K_{\hat{A}} \quad (5)$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij} \geq a_i, \quad i \in I_a \quad (6)$$

$$x_{ij} \geq 0, \quad i \in I, \quad j \in J, \quad (7)$$

где i – индекс типа ВС; x_{ij} – число ВС; c_{ij} – суммарные годовые затраты на ВС, грн; p_{ij} – средняя производительность ВС, пассажиров/год; v_{ij} – средняя частота полётов ВС, рейсов/год; b_j – частота полётов на авиалинии, рейсов/год; a_i – количество ВС i -го типа; $J = \{\overline{1, n}\}$ – множество авиалиний; J_k – множество авиалиний, прикрепленных к аэропорту k ; $I = \{\overline{1, m}\}$ – множество типов ВС; $K_{\hat{A}}$ – множество аэропортов, для которых требование по интенсивности движения (взлёт-посадка) является существенным; I_a – множество типов ВС, ограниченных по величине a_i .

Теперь с помощью модели (2)-(7) попытаемся найти ответ на вопрос: на какую величину могут сократиться затраты $C(x, y)$ если в результате реконструкции аэропорта k :

- 1) пропускная способность B_k , увеличится на величину ΔB_k ;
- 2) типаж самолётов, принимаемых k -м аэропортом, расширится на величину ΔI_k .

Пусть при существующем состоянии аэропортов $y^{(0)} = (y_1^{(0)}, \dots, y_k^{(0)}, \dots, y_s^{(0)})$, где $y_k^{(0)}$ – класс k -о аэропорта, в результате решения задачи (2) – (7), имеем:

- a) оптимальные значения переменных x_{ij}^* , $i \in I, j \in J$;
- b) соответствующее им значение $C_{\hat{A}\hat{N}}^* = \tilde{N}_{\hat{A}\hat{N}}(x^*, y^{(0)})$;
- c) оптимальные значения двойственных переменных $U_j^*(j \in J), V_j^*(j \in J_b); W_j^*(k \in K_B); Z_i^*(i \in I_a)$.

Поскольку при $y^{(0)}$ существуют ограничения на выбор типов ВС на авиалинию j (из-за того, что дальность полёта не соответствует протяжённости авиалинии или/и взлётно-посадочные характеристики – классам аэродромов), то эти ограничения могут быть учтены в модели (2) – (7) в коэффициентах целевой функции (2). Для тех ВС i -о типа, которые по своим характеристикам не могут выполнять рейсы на j -ой авиалинии, соответствующие переменные x_{ij} войдут в функцию $\tilde{N}_{\hat{A}\hat{N}}(x, y^{(0)})$ с большими штрафными коэффициентами.

Обозначим: I_j – множество типов ВС, характеристики которых позволяют эксплуатировать их на j -ой авиалинии при условии учёта её протяжённости и классов обслуживающих её аэропортов; \hat{I}_j – множество типов ВС, которые не могут эксплуатироваться на j -ой авиалинии из-за ограничений по дальности полёта.

Тогда коэффициенты \tilde{c}_{ij} при переменной x_{ij} можно представить в виде

$$\tilde{c}_{ij} = \begin{cases} c_{ij} \ddot{a}\ddot{e}\ddot{y} & i \in I_j \\ P_1 \ddot{a}\ddot{e}\ddot{y} & i \in \hat{I}_j \\ c_{ij} + P_2 \ddot{a}\ddot{e}\ddot{y} & i \notin I_j \cup \hat{I}_j, \end{cases}$$

где P_1 и P_2 достаточно большие положительные числа.

Так как задача (2) – (7) решалась путём декомпозиции по ограничениям (5) – (6), то затраты $C_{\hat{A}\hat{N}}^*$ определяются как: $C_{\hat{A}\hat{N}}^* = \sum_{j \in J} \hat{L}_j^* + \sum_{k \in K_B} B_k W_k^* - \sum_{i \in I_a} a_i z_i^*$, где \hat{L}_j^* – решение задачи j

$j = \{1, n\}$ вида:

минимизировать

$$\hat{L}_j = \sum_{i \in I} \hat{c}_{ij} x_{ij} \tag{8}$$

при ограничениях

$$\sum_{i \in I} p_{ij} x_{ij} \geq d_j, \quad j \in J_b \tag{9}$$

$$\sum_{i \in I} v_{ij} x_{ij} \geq b_j, \quad j \in J_b \tag{10}$$

$$x_{ij} \geq 0, \quad i \in I, \quad j \in J_b \tag{11}$$

и

$$\sum_{i \in I} p_{ij} x_{ij} \geq d_j, \quad j \notin J_b \tag{12}$$

$$x_{ij} \geq 0, \quad i \in I, \quad j \notin J_b, \tag{13}$$

где $\hat{c}_{ij} = \tilde{c}_{ij} + z_i + v_{ij}(W_\alpha + W_\beta)$, $i \in I$, $j \in J$, $j \equiv (\alpha, \beta)$.

Полагая $C_{\hat{A}\hat{I}} \left(y, \binom{0}{x} \right) = 0$, приступаем к поиску тех аэропортов, реконструкция которых позволит максимально снизить затраты $C(x, y)$.

Этап I. Решим задачу вида (2) – (7) без учёта ограничений на классы аэропортов. В таком случае $\tilde{C}_{ij} = C_{ij}$ для всех $i \notin \hat{I}_j$. Тем самым определим множество аэропортов A_1 , состояние которых не препятствует достижению $\min C_{\hat{A}\hat{N}}$ и одновременно множество A_2 таких аэропортов, которые нуждаются в реконструкции с целью снижения $C_{\hat{A}\hat{N}} \left(y \binom{0}{x} \right)$. Этот результат также позволяет судить, насколько велико несоответствие между парком ВС и состоянием аэропортов. Если затраты $C_{\hat{A}\hat{I}}$, позволяющие достичь $\min C_{\hat{A}\hat{N}}$, не превышают C_f , то можно считать, что получено окончательное решение задачи, так как по типуажу ВС, распределившихся на каждой авиалинии, ясно, какой аэропорт и на какую глубину необходимо реконструировать. Если $C_{\hat{A}\hat{I}} > C_f$, то переходим ко II-у этапу решения.

Этап II. Для каждого аэропорта $k \in A_2$ определим ожидаемую величину сокращения затрат по парку ВС $\Delta C_{\hat{A}\hat{N}}^k$ в зависимости от повышения его класса на единицу. Ясно, что можно решиться на реконструкцию этого аэропорта, если $C_{\hat{A}\hat{I}}^k$ не превышают $\Delta C_{\hat{A}\hat{N}}^k$. Для оценки величины $\Delta C_{\hat{A}\hat{N}}^k$ воспользуемся принципами анализа операционной модели на чувствительность [8].

Пусть в результате реконструкции k -о аэропорта \hat{A}_k получит приращение $\Delta \hat{A}_k$, а типааж ВС, принимаемых аэропортом k , расширяется на величину ΔI_k . Тогда для $i \in \Delta I_k$ на авиалиниях $j \in J_k$ отпадает необходимость в штрафных коэффициентах P_2 :

$$\tilde{c}'_{ij} = \tilde{c}_{ij} - P_2 = c_{ij}, \quad (14)$$

что может дать сокращение затрат $\Delta \hat{L}_j$, $j \in J_k$.

Если оптимальность последнего базиса задачи (8)-(13) не нарушается при новых коэффициентах \tilde{c}'_{ij} , то $\Delta \hat{L}_j = \sum_i P_2 x_{ij}^*$ (здесь суммирование выполняется по тем $i \in \Delta I_k$,

которые входили в базис до реконструкции). Если \hat{L}'_j – новое значение \hat{L}_j при базисных переменных x'_{ij} , то $\Delta \hat{L}_j = \hat{L}'_j - \hat{L}_j$.

$$\text{Подсчитаем: } \Delta \hat{L}_j = \sum_{j \in J_k} \Delta \hat{L}_j, \quad \Delta x_i = \sum_{j \in J_k} (x'_{ij} - x_{ij}^*).$$

Величина $\Delta x_i > 0$ указывает на размер дефицита ВС типа i , который не позволяет достичь эффекта ΔL_k ; соответственно $\Delta x_i < 0$ определяет число высвобождаемых ВС типа i .

Величина ожидаемого эффекта от повышения пропускной способности аэропорта k оценивается произведением $W_k^* \Delta B_k$, $k \in K_B$.

Таким образом, сокращение затрат $C_{\hat{A}\hat{N}}$ за счёт реконструкции аэропорта k можно приближённо оценить величиной $\Delta C_{\hat{A}\hat{N}}^* = \Delta \hat{L}_k + W_k^* \Delta B_k - \sum_{i \in I_a} z_i \Delta x_i$.

Для каждого аэропорта из множества A_2 вычисляем отношение $\beta_k = \Delta C_{\hat{A}\hat{N}}^* / C_{\hat{A}\hat{I}}^k$. Из множества эффективных (с точки зрения реконструкции аэропортов, то есть для которых $\beta_k > 1$) выбираем такой аэропорт k^* , что $\beta_{k^*} = \max_{\{k | \beta_k > 1\}} \beta_k$. Изменив параметры: B_{k^*} на величину ΔB_{k^*} и \tilde{C}_{ij} для $j \in J_k$ по правилу (14) для $i \in \Delta I_{k^*}$, $j \in J_{k^*}$ решим

распределительную задачу (2)-(7) и найдём $C^{(1)}(x, y_1, \dots, y_{k^*} - 1, \dots, y_s) = C_{AN}^{(1)}(x, y_{k^*} - 1) + \tilde{N}_{AI} (y_{k^*} - 1, x)$.

Таким образом II этап представляет собой итерационный процесс, на N -м шаге которого выполняются следующие операции:

1. Для каждого аэропорта $k \in \dot{A}_2$ определяется величина β_k .
2. Выбирается аэропорт $k^* \in \dot{A}_2$; множество A_R дополняется такими значениями k , для которых $\beta_k > 1$.
3. Решается распределительная задача для состояния аэропорта $y^{(N)}$.
4. Вычисляется $C^{(N)} = C_{AN}^{(N)} + \sum_{k^* \in \dot{A}_R^*} C_{AI} (y_{k^*} - 1)$.

Этот итерационный процесс можно продолжить до тех пор, пока суммарные аэропортовые затраты не превышают допустимых $\zeta(t)$.

Затем рассматриваются случайные комбинации вариантов реконструкции аэропортов, которые принадлежат множеству A_R . Окончательное решение принимается ЛПР после сравнительного анализа этих комбинаций.

Выводы

а) Развитие аэропортов как одной из основных подсистем авиатранспортной системы необходимо рассматривать в единстве с коммерческой деятельностью обслуживаемых ими авиакомпаний.

б) С точки зрения АТС «аэропорты-авиакомпания» лучшее инвестиционное решение для аэропортов заданного региона получается при достижении максимального эффекта по некоторому интегральному критерию эффективности рассматриваемой АТС, в частности, по критерию суммарных затрат на реконструкцию аэропортов и эксплуатацию парка ВС.

в) Оптимальное решение, то есть глубину и последовательность реконструкции аэропортов можно определить, используя двойственные оценки распределительной задачи транспортного типа.

Список литературы

1. Омеляненко С. Л. Прогнозування розвитку аеропортів України і оцінка ефективності їх функціонування [Текст] : дис... канд. екон. наук: 08.07.04 / Омеляненко Сергій Леонідович ; Національний авіаційний ун-т. - К., 2004. - 246 арк.
2. Акімова Т.А. Методика визначення конкурентоспроможності аеропорту [Текст] / Т.А. Акімова // Вісник Хмельницького національного університету – 2011. – №1. – С.234-238.
3. Акімова Т.А. Застосування методу аналізу ієрархій при оцінці інвестиційної привабливості аеропортів [Електрон. ресурс] / Т.А. Акімова // Вісник – 2009. – №19. – С.334-339. – Режим доступу: http://archive.nbu.gov.ua/portal/natural/Vntu/2009_19_1/pdf/0.pdf
4. Yeong H. L. Airport design and development [Електрон. ресурс] / Yeong Heok Lee, Kwang Eui Yoo, Chang-Ho Park // Transportation engineering and planning – Vol. I. – Режим доступу: <http://www.eolss.net/Sample-Chapters/C05/E6-40-02-07.pdf>
5. ВНТП 1-85/МГА СССР Ведомственные нормы технологического проектирования аэропортов. [Текст] /. – М.: Аэропроект МГА СССР, 1986 – 75 с.
6. Атутова С.Я. Оптимизация параметров реконструкции аэропортов [Текст]/ С.Я. Атутова та ін. // В кн.: Эффективность и оптимизация систем и процессов гражданской авиации и совершенствование систем комплексного планирования: Материалы Всесоюзной конференции. – М.: МИИГА, 1977 – С. 17-21 .
7. Журбенко Н.Г. Выбор и распределение гражданских самолётов по авиалиниям [Текст] / Н.Г. Журбенко та ін. // Кибернетика. – 1976. – №4. – С. 138-141.
8. Гдалевич С.С. Вопросы прикладного использования двойственных оценок. Препринт. [Текст] / С.С. Гдалевич. – М.: ЦЭМИ АН СССР, 1974. – 38 с.