

ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ

УДК 656.7.071.13:656.7.052:519.876.2(045)

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНОЇ ДОМІНАНТИ ПОВЕДІНКИ СТУДЕНТІВ ДИСПЕТЧЕРІВ В УМОВАХ ПОРУШЕННЯ НОРМ ЕШЕЛОНУВАННЯ

С. П. Борсук, канд. техн. наук, доц.

Національний авіаційний університет

grey1s@yandex.ru

Розглянуто основні домінанти поведінки студентів диспетчерів в умовах порушення норм ешелонування під час виконання польотів. Описано процес опитування групи студентів диспетчерів і спосіб визначення основної домінанти їх поведінки. Наведено приклад визначення основної домінанти поведінки на основі отриманих даних. Запропоновано висновки та рекомендації щодо подальшого проведення досліджень.

Ключові слова: безпека польотів; людський фактор; домінанти поведінки; керування повітряним рухом; процес професійної підготовки.

Main behavior dominants for the air traffic controllers-students are observed in the article in conditions of flight norms violation during the flights. Process of the polling is described for the group of controllers-students along with the way of their main behavior dominant determination. Example of main dominant determination basing on received data is given. Conclusions and recommendations on further researches are proposed.

Keywords: flight safety; human factor; behavior dominant; air traffic control; process of professional education.

Вступ

Безпека польотів (БП) спирається на велику низку різнорідних факторів, які включають в себе технічну, погодну, психологічну, комунікативну, нормативну та інші групи. Кожна група факторів впливає на БП по своєму, але згідно представленої ІКАО моделі «SHELL» [1; 2] саме людських елемент («Liveware») є центральною складовою, яка об'єднує усі інші. Таким чином, можна стверджувати, що згідно з концепцією безпеки польотів, запропонованої ІКАО [3–4], саме вивчення та попередження загроз із боку людського фактора є найбільш актуальний. Більш того, процеси, у які залучена людина-оператор переднього краю (диспетчер або член екіпажу), є складні за природою, отже, в будь-яку мить часу кожен елемент, що може бути потенційно небезпечним, є комбінацією факторів з різних груп.

Аналіз наукових джерел

Серед різноманіття факторів, які можна віднести до психофізіологічних компонентів людського чинника, притаманних авіаційним диспетчерам, важливе місце займають оціночні функції корисності (ОФК) оператора керування повітряним рухом (ОКПР) за показниками професійної діяльності. Врахування ОФК є однією з

умов формування моделі повітряного судна (ПС) в аеронавігаційних системах, яка дозволяє априорі виявити ставлення ОКПР до ризику. Побудова ОФК зазвичай пов'язана із вирішенням економічних проблем та вперше була використана при дослідженні людського чинника (ЛЧ) в цивільній авіації в праці [5].

Закладені в ній методи та моделі знайшли подальший розвиток для дослідження ОФК [6; 7].

З аналізу такого роду ОФК встановлюється домінантна функція у ставленні ОКПР до ризику. Причому за типом домінанти авіадиспетчери відрізняються за силою (мірою) схильності/несхильності (постійна, пропорційна, спадаюча, зростаюча) до ризику. Таким чином, аналіз одного з напрямів стосується проактивного урахування та кваліметрії прояву ЛЧ в професійній діяльності ОКПР. Ця інформація дуже важлива як для прогнозування поведінки ОКПР в передбачуваних потенційно конфліктних ситуаціях, так і для корекції його професійної підготовки з урахуванням відповідних домінант.

Постановка завдання

Завданням даної роботи є представлення способу аналізу результатів опитування з метою визначення основної домінанти діяльності студентів ОКПР.

Методи досліджень

Одним із способів отримання інформації є опитування у формі запропонованої лотереї, де студентам ОКПР пропонується зробити декілька виборів. Ці вибори разом із обробкою отриманих даних являють собою спосіб визначення ставлення до ризику та визначення типу схильності до ризику в опитуваних.

Згідно зі способом опитуванням пропонується розглянути ситуацію із порушенням норми ешелонування, тобто відстані між двома повітряними суднами. Вважається, що опитуваний має обрати відстані в межах від нуля км, до максимуму рівного нормі ешелонування. Йому необхідно зробити три вибори для досліджуваної норми.

Ці три вибори можна застосувати коли норма ешелонування, що розглядається, має чітке кількісне визначення тобто обмежена числом та нулем:

1) Визначити, яку відстань у межах від нуля до норми опитуваний погодиться отримати із 100 % імовірністю, якщо альтернативою є отримання нуля або нормативного значення із 50 % імовірністю для кожного варіанту.

2) Запропонувати для отриманого значення аналогічні дві лотереї, де межами із імовірністю отримання 50 % будуть попарно нуль та отримане значення і отримане значення з нормативним значенням.

Отже, кожен опитуваний є джерелом трьох ключових точок, які нададуть інформацію щодо особливості відношення оператора до використаної норми та щодо його схильності до ризику. Подальше визначення типу психологічної домінанти виконується за допомогою порівняння із функціями, чії графіки зображено на рис. 1 [8].

Порівняльну характеристику зазначених функцій подано в таблиці.

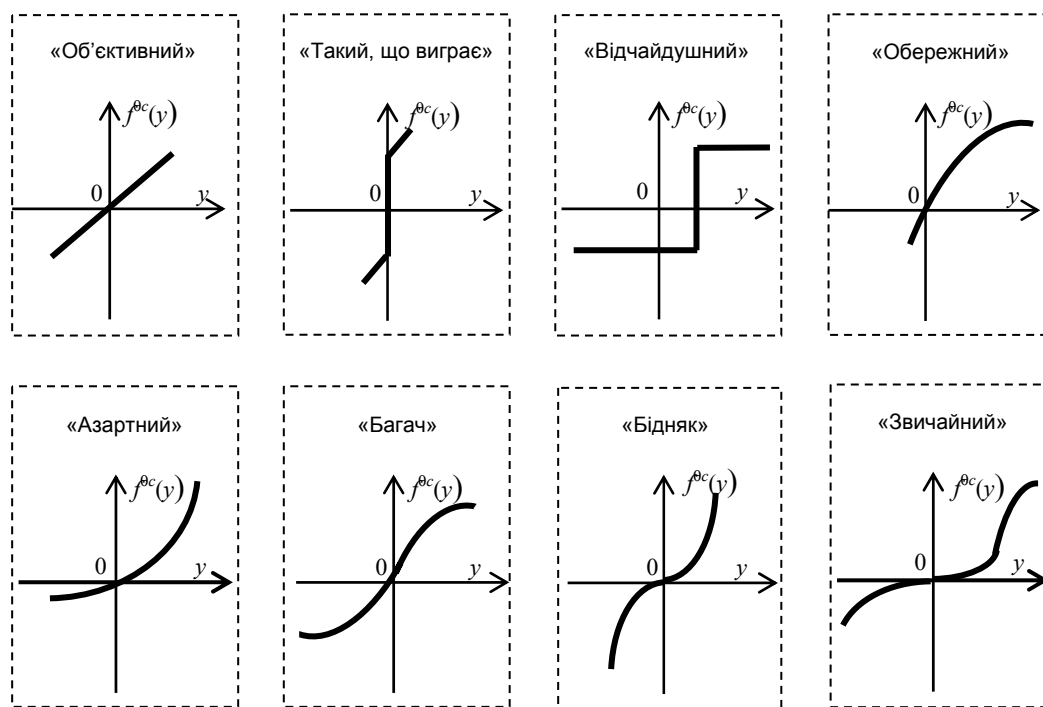


Рис. 1. Функції психологічних домінант людини

Визначення домінанти поведінки оператора

Визначення відношення конкретного оператора до особистості з певним типом домінанти проводиться шляхом аналізу п'яти характерних точок. Цими точками є нуль, точка максимальної відстані між ПС (поточна норма, що розглядається) та три проміжні точки між ними $\{p_0; p_{0,25}; p_{0,5}; p_{0,75}; p_S\}q$. По суті процес визначення психологічної домінанти за наявності ключових точок є простим порівнянням отриманого графіку з еталонами на рис. 1. Однак візуальне порівняння отриманого графічного матері-

алу із еталоном вимагає використання складного апарату розпізнавання образів, що неприпустиме для масового використання даного методу.

Таким чином, для точного визначення типу домінанти пропонується використання аналізу особливостей взаємного розташування характерних точок. Ключовими положеннями процесу аналізу є визначення опуклостей графіку функцій та поведінки приростів функцій першого та другого порядку. Із певним спрощенням можна стверджувати, що під час дослідження було використано похідні першого та другого порядків, однак у строгому розумінні цих термінів похідні не використовувалися.

Спосіб аналізу даних складається з таких кроків:

1. Знаходження значень приросту функції для чотирьох проміжків між характерними точками $\{p_0; p_{0,25}\}$, $\{p_{0,25}; p_{0,5}\}$, $\{p_{0,5}; p_{0,75}\}$, $\{p_{0,75}; p_S\}$;

2. Знаходження знаку приросту другого порядку для проміжків $\{\{p_0; p_{0,25}\}; \{p_{0,25}; p_{0,5}\}\}$,

$$\{\{p_{0,25}; p_{0,5}\}; \{p_{0,5}; p_{0,75}\}\},$$

$$\{\{p_{0,5}; p_{0,75}\}; \{p_{0,75}; p_S\}\};$$

3. За допомогою знака порівняння отриманих приростів розподіл типи функцій на групи, згідно з їхньою формою та порівнюючи із параметрами оціночних функцій, віднести кожному конкретну функцію до одного з типів.

Порівняльна характеристика типових оціночних функцій корисності

Характеристика ЛПП	Характеристика оціночної функції
«Об’єктивний»	Характеризується лінійністю і зростанням. Складається з однієї частини. Точок перегину немає. Схематично графік описується, як «зростання»
«Такий, що виграє»	Характеризується трьома складовими. Усі три зростають, але друга зростає швидше за першу й третю. Точка перегину між складовими різка, або навіть являє собою точку розриву. Схематично графік описується, як «зростання, стрибок, зростання»
«Відчайдушний»	Краще за все описується терміном із теорії автоматичного керування «ступінчаста» [9]. Дві частини із стабільними рівнями, причому рівень першої частини нижчий за рівень другої частини. Точка перегину являє собою точку розриву. Схематично графік описується, як «плато, стрибок, плато»
«Обережний»	Яскраво виражена функція натурального логарифму (із точністю до лінійних перетворень) [10]. Єдина складова без точок перегину. Схематично графік описується, як «зростання із уповільненням»
«Азартний»	Яскраво виражена експонента (із точністю до лінійних перетворень). Єдина складова без точок перегину. Схематично графік описується, як «зростання із прискоренням».
«Багач»	Яскраво виражена коренева функція із непарним ступенем кореня (із точністю до лінійних перетворень). Складається з двох частин. Перша складова має додатні похідні першого та другого порядку. Друга складова має додатну похідну першого порядку та від’ємну похідну другого порядку. Точка перегину нерозривна. Схематично графік описується, як «зростання із прискоренням, зростання із уповільненням»
«Бідняк»	Яскраво виражена степенева функція із непарним ступенем (із точністю до лінійних перетворень). Складається з двох частин. Перша складова має додатну похідну першого порядку та від’ємну похідну другого порядку. Друга складова має додатні похідні першого та другого порядку. Точка перегину нерозривна. Схематично графік описується, як «зростання із уповільненням, зростання із прискоренням»
«Звичайний»	Нелінійна функція із двома складовими. Перша з них плавно зростає подібно до функції натурального логарифму. Друга, різко зростає подібно до кореневої функції із непарним ступенем кореня на проміжку від 0 до $+\infty$. Точка перегину нерозривна. Графік описується, як «повільне зростання із уповільненням, швидке зростання із уповільненням»

Перший крок знаходження приростів є підготовчим.

Його результатами є чотири параметри приросту першого порядку D' .

Ці прирости демонструють зростання відстані між ПС, які відповідають набуттю рівнів корисності (чверть від максимально можливого, половина від максимально можливого, три чверті від максимально можливого та максимальний).

Прирости знаходяться за допомогою віднімання координат сусідніх характерних точок по осі абсцис

$$(x_{p_0}, x_{p_{0,25}}, x_{p_{0,5}}, x_{p_{0,75}}, x_{p_S}):$$

$$D'_1 = x_{p_{0,25}} - x_{p_0};$$

$$D'_2 = x_{p_{0,5}} - x_{p_{0,25}};$$

$$D'_3 = x_{p_{0,75}} - x_{p_{0,5}};$$

$$D'_4 = x_{p_S} - x_{p_{0,75}}.$$

Другий крок визначення приростів другого порядку вже дає інформацію для аналізу. Його результатами є три параметри приросту другого порядку D'' . Ці прирости демонструють динаміку зміни зростання відстані між ПС при переходах між процесами набуття рівнів корисності (від набуття чверті до набуття половини, від набуття половини до набуття трьох чвертей, від набуття

трьох чвертей до набуття максимуму). Інакше кажучи, прирости другого порядку визначають — чи зростання приростів прискорюється, уповільнюється або не змінюється.

$$\begin{aligned} D_1'' &= D_2' - D_1'; \\ D_2'' &= D_3' - D_2'; \\ D_3'' &= D_4' - D_3'. \end{aligned}$$

У такому випадку немає потреби знати точне значення параметрів D'' , достатньо лише мати їх знак. Для цього скористаємося математичною функцією визначення знаку:

$$\operatorname{sgn} x = \begin{cases} 1, & x > 0; \\ 0, & x = 0; \\ -1, & x < 0; \end{cases}$$

тоді отримаємо змінні σ , які міститимуть знак приростів D'' :

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= \operatorname{sgn}(D_1''); \\ \sigma_2 &= \operatorname{sgn}(D_2''); \\ \sigma_3 &= \operatorname{sgn}(D_3''). \end{aligned}$$

Очевидно, що існує 3^3 можливих комбінацій параметрів $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$. Отже, може існувати 27 можливих форм вихідних функцій, які слід поставити у відповідність до 8 існуючих еталонів.

Із 27 можливих комбінацій $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ та відповідних функцій жодна не містить стрибків/розривів, а отже, дві домінанти виявляються не представлені після проведення аналізу.

Таким чином, розподіл отриманих даних відбуватиметься по шести домінантах: «об'єктивний», «обережний», «азартний», «багач», «бідняк», «звичайний».

Розглянемо приклад визначення домінанти по ключових точках на нормі ешелонування у 20 кілометрів.

Після проведення лотерей контрольні відстані становлять

$$\left(\begin{array}{l} x_{p_0} = 0(\text{км}), x_{p_{0,25}} = 8(\text{км}), x_{p_{0,5}} = 14(\text{км}), \\ x_{p_{0,75}} = 18(\text{км}), x_{p_S} = 20(\text{км}) \end{array} \right).$$

Звідси:

$$\begin{aligned} D_1' &= x_{p_{0,25}} - x_{p_0} = 8(\text{км}); \\ D_2' &= x_{p_{0,5}} - x_{p_{0,25}} = 6(\text{км}); \\ D_3' &= x_{p_{0,75}} - x_{p_{0,5}} = 4(\text{км}); \\ D_4' &= x_{p_S} - x_{p_{0,75}} = 2(\text{км}); \end{aligned}$$

$$D_1'' = D_2' - D_1' = -2(\text{км});$$

$$D_2'' = D_3' - D_2' = -2(\text{км});$$

$$D_3'' = D_4' - D_3' = -2(\text{км});$$

$$\sigma_1 = \operatorname{sgn}(D_1'') = -1;$$

$$\sigma_2 = \operatorname{sgn}(D_2'') = -1;$$

$$\sigma_3 = \operatorname{sgn}(D_3'') = -1.$$

Отже, маючи сукупність $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$, що дорівнюють $(-1; -1; -1)$ побудуємо графік функції (рис. 2.)

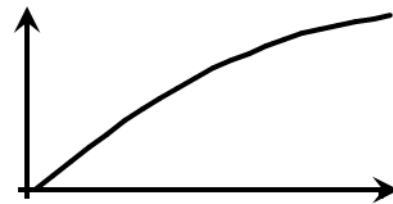


Рис. 2. Графік функції основної домінанти поведінки

Очевидно, що представлена функція, постійно зростає із прискоренням. Таким чином, її слід віднести до яскраво вираженої «азартної» домінанти.

Отримані в такий спосіб правила зв'язку між значеннями $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ та типами основної домінанти поведінки дозволяють проводити швидкий розподіл студентів по категоріях, що в свою чергу дозволить персоніфікувати процес підготовки із урахуванням їх психофізіологічних особливостей.

Висновки

Представлений спосіб пошуку основної домінанти поведінки дозволяють операторам ОКПР збільшити кількість інформації щодо психофізіологічних особливостей кожного конкретного оператора.

Цей спосіб, застосований для опитування студентів авіаційних диспетчерів, в свою чергу, стає додатковим джерелом, яке має бути урахований при:

- формуванні навчальної програми;
- зміні норм ешелонування повітряного простору;
- зміні іншої нормативної документації, яка має відношення щодо роботи авіаційних диспетчерів.

Представлений спосіб простий як в проведенні, так і в підготовці. Він не потребує складних математичних розрахунків, а його результати прості для сприйняття та використання.

Подальші дослідження у цьому напрямку слід вести із інтеграцією результатів подібних опитувань із результатами інших психологічних тестів, які проходять студенти та практикуючі диспетчери під час навчання та роботи.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Фундаментальные концепции человеческого фактора* // Человеческий фактор: Сб. м-лов № 1. — Циркуляр ИКАО 216 AN/131. — Монреаль, Канада, 1989. — 34 с.
2. *Человеческий фактор в системе мер безопасности гражданской авиации*: Док. ICAO 9808 AN/765. — Монреаль, Канада, 2002.
3. *Зиньковская С. М.* Понимание концепции управления безопасностью полётов и концепция риска / С. М. Зиньковская // Актуальные вопросы психологии в области человеческого фактора: м-лы второй междун. науч.-практ. конф., Екатеринбург, 20–22 марта 2008 г. / ГОУ ВПО «Урал. гос. пед. ун-т»; ГОУ ВПО «Урал. ин-т гос. противопож. службы». — Екатеринбург, 2008. — С. 3–8.
4. *Руководство по управлению безопасностью полётов (РУБП)*: Док. ICAO 9859 – AN/474. — Монреаль, Канада, 2009.
5. *Рева А. Н.* Эргономические основы первоначальной профессиональной подготовки пилотов : Дис... д-ра техн. наук: 05.22.14 / Алексей Николаевич Рева; Киевский международный ун-т гражданской авиации. — К., 1996. — 376 с.
6. Рева О. М. Урахування людського чинника у проактивному розв'язанні «трикутника ризиків» ІКАО/О. М. Рева, С. П. Борсук // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINNT-2014): зб. м-лів VI міжнар. наук.-практ. конф. — Херсон, 27–29 травня 2014 р., Херсон: Херсонська державна морська академія, 2014. — С. 82–85.
7. *Денисов Д. В.* Теория риска / Д. В. Денисов. — М., 2006. — 84 с.
8. *Надежность и эффективность в технике*: справочник в 10 т. — Т. 3. Эффективность технических систем / под общ. ред. В. Ф. Уткина, Ю. В. Крюкова. — М. : Машиностроение, 1988. — 328 с.
9. *Бесекерский В. А.* Теория систем автоматического управления / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. — СПб. : изд-во Профессия, 2004. — 752с.
10. *Математические основы теории автоматического регулирования* / В. А. Иванов, В. С. Медведев, Б. К. Чемоданов, А. С. Ющенко. — М. : Высш. шк., 1971. — 808 с.

Стаття надійшла до редакції 28.08.2015