

## ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІКИ НАВЧЕНОСТІ КУРСАНТІВ У ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ

д.в.н., проф. І.О. Кириченко, к.в.н. М.Ф. Пічугін, к.т.н. О.Д. Флоров

*Розглядається один з можливих підходів щодо визначення динаміки навченості курсантів у процесі навчання. За основу для визначення динаміки навченості курсантів використані математичні моделі навчання і результати тестування курсантів перед початком навчання.*

Здатність молодших спеціалістів вести бойові дії і виконувати обов'язки у відповідності до призначення є одним з основних елементів бойової готовності підрозділів і частин Збройних Сил України. На теперішній час відсутні методики, які б дозволяли прогнозувати рівень навченості молодших спеціалістів у ході навчання, тому неможливо прогнозувати якісний рівень тих, хто навчається, виходячи з встановленого терміну підготовки молодших фахівців і якості кандидатів на навчання.

Разом з тим, розробка відповідних методик дозволила б вирішувати такі завдання:

- виходячи з встановленого терміну навчання і якості кандидатів на навчання прогнозувати здібність молодших спеціалістів виконувати свої обов'язки у складі бойових обслуг;
- виходячи з встановленого терміну навчання і потрібної якості підготовленості молодших спеціалістів пред'являти вимоги до якості кандидатів на навчання;
- виходячи з потрібної якості підготовленості молодших спеціалістів і якості кандидатів на навчання обґрунтовувати необхідний термін навчання.

З цього випливає завдання розробки математичних моделей, що дозволяють на кількісному рівні прогнозувати рівень навченості курсантів на протязі всього терміну навчання. Вирішення цього завдання можливе за допомогою розробки математичних моделей навчання. Відмітимо, що такі моделі вже розроблялися. Наприклад, в [1] обґрунтовується доцільність використання експоненціальних моделей навчання.

У загальному випадку за рівень навченості пропонується використовувати функцію

$$I(n) = I - (I - I_0) \cdot e^{-\alpha n}, \quad (1)$$

де  $I(n)$  – нормована величина, яка характеризує повноту і ступінь оволодіння знаннями, вміннями і навичками;  $I_0$  – початковий рівень навченості;  $\alpha$  – коефіцієнт, який характеризує швидкість навчання;  $n$  – кількість тренувань.

При цьому треба мати на увазі, що для навчального центру військ ППО початковий рівень навченості операторів можна не брати до уваги, оскільки курсанти, які там навчаються, його не мають.

Враховуючи вищесказане, динаміку зростання рівня навченості курсантів [1] навчального центру доцільно описувати більш простими математичними залежностями. Допустимо, що залежність робочого часу  $T_{роб} = F(t)$  від часу навчання  $t$  є нелінійною. Відповідно до принципів теорії ймовірності сформулюємо вимоги, які пред'являються до шуканої залежності:

- функція  $T(t)$  повинна бути монотонно зменшувальною функцією часу навчання  $t$ ; перша похідна  $dT(t) / dt < 0$ , а друга похідна  $d^2T(t)/dt^2 > 0$ , причому швидкість убування повинна уповільнюватися.

- у момент початку навчання  $t = 0$  робочий час дорівнює деякому максимальному часу  $T_0$ ;

- за досить великий час навчання кожний курсант незалежно від здібностей може досягти деякого цілком певного рекордного часу виконання операції  $T_p$ ;

- залежність повинна мати досить просту аналітичну структуру.

Якщо початковий рівень навченості відомий, то модель навчання може бути представлена в класі моделей експоненціального типу.

Виходячи з цих вимог, можна зробити висновок про те, що шукана функція повинна мати не менше, ніж 3 параметри: два параметри зв'язані з початковими значеннями, а третій забезпечує вибір конкретної функції з їх множини. Серед великої кількості трипараметричних функцій, що задовольняють цим вимогам, найбільш придатною є функція виду

$$T(t) = ae^{-ct} + b, \text{ де } c > 0, t > 0. \quad (2)$$

Завдання полягає у визначенні невідомих параметрів  $a$ ,  $b$ ,  $c$ . При визначенні цих параметрів необхідно дотримуватися двох умов:

$$F(0) = a + b = T_0; \quad F(\infty) = T_p.$$

З першого рівняння отримаємо:  $b = T_p$ ;  $a = T_0 - T_p$ .

Підставляючи отримані вирази в (2), отримаємо:

$$T(c, t) = ae^{-ct} + b = (T_0 - T_p) \cdot e^{-ct} + T_p, \quad t > 0, \quad c > 0. \quad (3)$$

Для визначення третього параметра  $c$  необхідно використовувати результати педагогічного експерименту. Експеримент полягає в тому, що бойові обслуги із заздалегідь відомим часом навчання  $t = T_{нав}$  ведуть бойову роботу. У процесі експерименту вимірюється їх робочий час  $T_{роб}$ . Тоді

$$F(t) = (T_0 - T_p) \cdot e^{-cT_{нав}} + T_p = T_{роб}, \quad (4)$$

звідкіля

$$c = -\frac{1}{T_{нав}} \ln \frac{T_{роб} - T_p}{T_0 - T_p}. \quad (5)$$

Таким чином, час виконання операції  $F(t)$ , якого досягає курсант за

час навчання  $t$ , задається функцією

$$T(t) = (T_0 - T_p) \cdot e^{\frac{t - \ln T_{\text{пов}} - T_p}{T_0 - T_p}} + T_p, \quad (6)$$

де  $T_0$  – початковий рівень навченості;  $T_p$  – “рекордний” час виконання операції.

Нехай за час, що виділяється бюджетом навчального часу на професійну підготовку курсантів  $T_{\text{нав}}$ , ймовірність підготовки курсанта на оцінку “незадовільно” дорівнює  $P_2$ , “задовільно” –  $P_3$ , “добре” –  $P_4$ , “відмінно” –  $P_5$ . Дана сукупність утворить розподіл ймовірностей  $\{P_2, P_3, P_4, P_5\}$ ,  $P_2 + P_3 + P_4 + P_5 = 1$ .

Тоді середню функцію навчання виконання деякої цілком певної операції можна представити як

$$T(t) = \sum_{i=2}^5 P_i (T_0 - T_p) \cdot e^{\frac{t - \ln T_i - T_p}{T_0 - T_p}} + T_p. \quad (7)$$

Таким чином, отримано функцію навчання, яка визначає залежність часу виконання навчальної операції від часу навчання.

Для аналізу ефективності навчального процесу при чотирибальній системі потрібно знайти спосіб оцінки ймовірності підготовки курсанта на оцінку “задовільно”, “добре” та “відмінно”. Такий аналіз може бути виконаний, виходячи з подальших міркувань.

Коефіцієнт  $c$ , що є параметром функції навчання (7), характеризує здібності курсанта і в загальному випадку є випадковою величиною. Нехай  $f(c)$ ,  $c > 0$  – щільність розподілу параметра  $c$ . Таким чином,  $F(c, t)$  є функцією випадкового аргументу  $c$ :

$$T(c) = (T_0 - T_p) \cdot e^{-ct} + T_p. \quad (8)$$

Обернена функція має вигляд  $c = -\frac{1}{t} \cdot \ln \frac{T - T_p}{T_0 - T_p}$ , а її похідна

$$c' = \frac{dc}{dT} = -\frac{1}{t} \cdot \frac{T_0 - T_p}{T - T_p}. \quad (9)$$

З урахуванням монотонності функції  $T(t)$  закон розподілу  $g(T)$  часу виконання операції визначається формулою [3]:

$$g(T, t) = f(c) \left| \frac{dc}{dT} \right| = f\left(-\frac{1}{t} \ln \frac{T - T_p}{T_0 - T_p}\right) \left| \frac{1}{t} \cdot \frac{T_0 - T_p}{T - T_p} \right|.$$

Тоді ймовірності підготовки курсанта на оцінку “незадовільно” –  $P_2$ , “задовільно” –  $P_3$ , “добре” –  $P_4$ , “відмінно” –  $P_5$  визначаються формулами:

$$P_2(t) = \int_{T_0}^{T_3} g(T, t) dt; \quad P_3(t) = \int_{T_3}^{T_4} g(T, t) dt; \quad P_4(t) = \int_{T_4}^{T_5} g(T, t) dt; \quad P_5(t) = \int_{T_5}^{T_p} g(T, t) dt.$$

Більш простою функцією, яка відображає динаміку зміни рівня навченості курсантів, є раціональна функція виду

$$T(t) = \frac{l}{ct+b} + T_p, \text{ де } c > 0, t > 0;$$

$$T(0) = \frac{l}{b} + T_p = T_0; \quad b = \frac{l}{T_0 - T_p}; \quad T(t) = \frac{T_0 - T_p}{c(T_0 - T_p)t + l} + T_p.$$

Для визначення невідомого параметра  $c$ , як і в першому випадку, використаємо результати педагогічного експерименту. Нехай за час навчання  $t = T_{нав}$  при виконанні бойової роботи курсанти досягають робочого часу  $T_{роб}$ . При цих допущеннях

$$F(T_{об}) = \frac{T_0 - T_p}{c(T_0 - T_p) T_{нав} + l} + T_p = T_{роб}.$$

Рішення цього рівняння відносно  $c$  дає значення шуканого параметра:

$$c = \frac{T_0 - T_{роб}}{(T_0 - T_p) T_{нав} (T_{роб} - T_p)} + T_p.$$

Таким чином, час виконання операції  $F(t)$ , якого досягає курсант за час навчання  $t$ , задається функцією:

$$T(t) = (T_0 - T_p) / \left( \left( (T_0 - T_{роб}) t / T_{нав} (T_{роб} - T_p) \right) + 1 \right) + T_p.$$

Зокрема, якщо курсанти зовсім не мають початкового рівня навченості, то функція навчання спрощується:

$$T_l(t) = \lim_{T_0 \rightarrow \infty} T(t) = \frac{T_{об} (T_{роб} - T_p)}{t} + T_p.$$

Таким чином, показано можливість прогнозування рівня навченості молодших спеціалістів у залежності від часу їх навчання. Запропонований підхід дозволяє вирішувати завдання, що перелічені вище для усіх спеціалістів Військ ППО.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Свиридов А.П. *Основы статистической теории обучения и контроля знаний*. – М.: Высш. шк., 1981. – 262 с.

Надійшла 23.12.2002

**КИРИЧЕНКО Іван Онуфрійович**, доктор військових наук, професор, професор кафедри ХВУ. Область наукових інтересів – моделювання складних систем, військова кібернетика.

**ПІЧУГІН Михайло Федорович**, кандидат військових наук, заступник начальника ХВУ. У 1979 році закінчив Київську ВА ПВО СВ. Область наукових інтересів – військова кібернетика.

**ФЛОРОВ Олександр Дмитрович**, кандидат технічних наук, заступник начальника кафедри ХВУ. Область наукових інтересів – військова кібернетика.