

МОДЕЛЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ АДАПТИВНОЇ ТРЕНАЖЕРНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ СПЕЦПІДРОЗДІЛІВ

Ю.О. Гунченко¹, С.В. Ленков²

¹ Одеський національний політехнічний університет,
просп. Шевченка, 1, Одеса, 65044, Україна; e-mail: 7996445@mail.ru

² Військовий інститут Київського національного університету імені Тараса Шевченка,
просп. Глушкова, 2, корпус 8, Київ, 03680, Україна

Розроблено модель функціонування адаптивної тренажерної системи, за допомогою якої забезпечується оптимальне планування процесу відпрацювання навчальних задач з урахуванням досягнутого поточного рівня для підготовки фахівців спецпідрозділів.

Ключові слова: адаптивна тренажерна система, особовий склад, рівень підготовки, адаптивне управління, навчальні задачі

Вступ

Постійні загрози терористичних актів та удосконалення засобів масового знищення населення, пред'являє підвищені вимоги до рівня підготовки та злагодженості особового складу (ОС) підрозділів спеціального призначення (СП). Отже, наприклад, теракт під час Євро-2012 може мати максимальний руйнівний ефект та негативний міжнародний резонанс. За оцінками провідних спецслужб світу, загроза скоєння теракту під час проведення широкомасштабних спортивних заходів класу «Олімпійські ігри», «Кубок світу FIFA», «Футбольний чемпіонат EURO» зростає утричі. Для України як держави-господаря безпека великих міжнародних спортивних заходів такого рівня — це нове завдання, виконання якого фактично залежить від рівня підготовки ОС підрозділів СП. Впровадження сучасних засобів та систем підготовки ОС пов'язане з капітальними вкладками як на розробку проектів та виконання підготовчих робіт, так і на придбання тренажерних систем (ТС). Тому вибір варіанта побудови ТС та його впровадження в процес підготовки ОС підрозділів СП має передувати всебічне обґрунтування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Існуючі тренажерні засоби [1-3] морально та технічно застаріли і, що найчастіше, функціонують у демонстраційному режимі та без урахування динаміки зміни рівня підготовки особового складу по виконанню типових навчальних задач (НЗ). Як показує практика, у більшості випадків деякі типи НЗ виконуються ОС з самого початку тренування з необхідною якістю, однак їхнє відпрацювання продовжується за часом однаково з іншими типами НЗ, що значно збільшує час навчання [1]. Одним із напрямків усунення зазначених недоліків є розробка адаптивних тренажерних систем (АТС), які на кожному кроці (етапі) навчання забезпечують оптимальне планування й адаптивне управління процесом відпрацювання НЗ різних типів [3,4].

Мета досліджень

Метою статті є розробка моделі функціонування адаптивних тренажерних систем підготовки особового складу підрозділів спеціального призначення.

Виклад основного матеріалу дослідження

В основу побудови АТС може бути покладена наступна модель підготовки ОС підрозділів СП.

У першу чергу формулюється ціль і план поетапного навчання. Кінцевою метою підготовки підрозділів СП є досягнення у всіх категорій ОС умінь, навиків і якостей, необхідних для виконання НЗ у різних умовах обстановки. Для досягнення кінцевої цілі на основі використання статистичних даних попередніх періодів навчання підготовляється оптимальний план поетапного відпрацювання типових НЗ на черговий період навчання. У процесі тренувань, поки ціль не досягнута, повторюється наступна послідовність дій:

- відповідно до оптимального плану здійснюється відтворення необхідної імітованої обстановки для послідовного відпрацювання такого набору типових НЗ, при якому забезпечується досягнення необхідного (максимального) рівня підготовки ОС;
- на основі порівняння поточного рівня підготовки ОС по виконанню типових задач із необхідним рівнем приймається рішення про подальший хід тренування.

Якщо поточний рівень не нижче необхідного – тренування продовжується. В інших випадках, в залежності від досягнутого рівня, виникає необхідність в адаптивній зміні (повторної оптимізації) плану відпрацювання різних типів НЗ. При цьому процес функціонування АТС являє собою керований динамічний процес, що характеризується двома видами параметрів [2-5]:

- параметрами керування D (послідовністю постановки типових НЗ);
- параметрами стану U (рівнем підготовки ОС по виконанню НЗ).

У якості обмежень виступає сумарний ресурс навчального часу (T) та витрат (C), що виділяється на спеціальну та тактичну підготовку протягом періоду (етапу) навчання.

Тоді цільова функція рішення задачі адаптивного управління навчанням $W(D)$ може бути подана у виді:

$$W(D) = \max, \quad (1)$$

а обмеження у виді:

$$T_n \leq T, \quad C_n \leq C, \quad (2)$$

де T_n – використовуваний час навчання ОС; C_n – поточні витрати підготовки ОС протягом періоду (етапів) навчання.

У ході підготовки ОС процес функціонування АТС може бути розбитий на N тимчасових інтервалів (етапів, кроків), на кожному з яких використовується свій набір НЗ (D_n).

Застосування на кожному етапі періоду навчання визначеного набору НЗ є управляючим впливом на особовий склад як на об'єкт керування, що змінює його параметри стану, тобто показники якості діяльності $\{U_i\}$. Керування в такій системі підготовки носить дискретний характер, задається в момент часу $\partial = \frac{(n-1)T}{N}, n = \overline{1, N}$ і залишається-

ся незмінним у межах кожного етапу (кроку), якщо тренування проходить згідно з оптимальним планом. Максимальна кількість інтервалів керування протягом періоду навчання N залежить від мінімального інтервалу проведення тренувальних занять ($\min \Delta t D_{j \min}$) і визначається за формулою

$$N = \frac{T}{\min \Delta t D_{j \min}}. \quad (3)$$

При такому підході опис усього керованого багатошагового процесу функціонування АТС у ході підготовки ОС може бути поданий у виді:

$$U(n+1) = Q(U(n), D(n), n), n = 0, 1, \dots, N-1; u(0) = u^0, \quad (4)$$

де $U(n) = (U_1(n), \dots, U_i(n), \dots, U_r(n))$ – значення показників якості діяльності, що характеризують рівень навченості особового складу на момент часу n (параметри стану); r – число показників, необхідних для оцінки якості діяльності особового складу; $D(n) = (D_1(n), \dots, D_j(n))$ – послідовність управляючих впливів (НЗ) на n -ом інтервалі періоду навчання; $Q(U, D, n)$ – вектор-функція, тобто $Q = (Q_1, \dots, Q_n)$; $u(0)$ – значення показників якості діяльності особового складу на початку періоду (етапу) навчання.

З урахуванням дискретного опису процесу керування цільова функція (1) може бути подана сумою:

$$W_N(D) = \frac{1}{T} \int_0^{T/N} F_1[u_0(t), D_1(t)] dt + \frac{1}{T} \int_{T/N}^{2T/N} F_2[u_1(t), D_2(t)] dt + \frac{1}{T} \int_{\frac{(N-1)T}{N}}^T F_N[u_{N-1}(t), D_N(t)] dt = \max$$

або у дискретному вигляді:

$$W_N(D) = \sum_{n=1}^N G_n[D_n] = \frac{1}{KN} \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^K F_k[u(n-1), D(n)] = \max, \quad (5)$$

де $G_n[D_n]$ – значення цільової функції на n -ом етапі;

$F_k = \begin{cases} 1, & \text{якщо } u_i \in U, \quad u_{ik} \geq u_{iTP} \\ 0, & \text{якщо } u_i \notin U, \quad u_{ik} < u_{iTP} \end{cases}$ – безрозмірний коефіцієнт, який характеризує відповід-

ність показника якості; u_{ik} – значення i -го показника якості діяльності на момент часу

k ; $k = 1, \dots, K$; $K = \frac{n}{h}$; h – інтервал дискретизації n -го етапу процесу функціонування

АТС; u_{iTP} – нормативне значення i -го показника якості діяльності ОС.

Задача максимізації функціоналу (5) при обмеженнях (2) є загальною задачею оптимального керування об'єктом з дискретним часом.

Вибір методу рішення задачі оптимізації зв'язаний, насамперед, з особливостями процесу функціонування АТС у ході бойової підготовки. Як показав аналіз до таких особливостей відносяться наступні:

- процес представляє собою функціонування дискретної динамічної керованої системи;

- змінні U_n і D_n у функціоналі (5) є багатомірними;
- рівняння (4) є векторними;
- вид функції, що оптимізується – невідомий.

Таким чином, задачу оптимального планування відпрацювання типових НЗ у процесі бойової підготовки можна представити як задачу пошуку оптимального режиму управління в динамічних дискретних керованих системах.

Специфіка цієї задачі в порівнянні з загальною задачею нелінійного програмування полягає в тому, що існує дві групи невідомих змінних: $U(n), n = 0, 1, \dots, N$ та $D(n), n = 0, 1, \dots, N - 1$.

Якщо ввести нові змінні $h = (U(0), \dots, U(N), D(0), \dots, D(N - 1))$, то в цих змінних сформульована задача перетворюється в загальну задачу нелінійного програмування. У тому випадку, коли $G_n(D_n)$ – опуклі (або увігнуті) функції, її рішення можна знайти, наприклад, методом невизначених множників Лагранжа. Якщо ж функції $G_n(D_n)$ не є такими, то відомі методи знаходження рішення задач нелінійного програмування не дозволяють визначити глобальний максимум функції (5). Тоді рішення задачі (5) можна знайти за допомогою методу динамічного програмування, основною перевагою якого є те, що він не залежить від виду функції $G_n(D_n)$ і добре пристосований до вирішення багатоступінних або багатокрокових задач.

Кінцевою метою тренувань (W_N) є досягнення ОС максимального можливого рівня підготовки по виконанню НЗ у різних умовах обстановки.

Загалом задача оптимального планування тренувань може бути подана наступним чином.

Визначити:

$$\max W_N = \sum_{n=1}^N G_n(m_n), \quad (6)$$

при заданому обмеженні часу:

$$T_N \leq T, \quad (7)$$

де T_N – використаний час навчання на протязі N етапів; m_n – кількість тренувань (імітованих ситуацій на n -му етапі навчання).

Процес підготовки ОС в часі розбивається на N етапів і характеризується переходом рівня підготовки ОС з одного стану в інший.

З урахуванням дискретного опису процесу керування цільова функція ефективності ОС може бути подана сумою:

$$W_N = \sum_{n=1}^N G_n(m_n) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N P_n(m_n), \quad (8)$$

де $P_n(m_n)$ – рівень підготовки ОС по виконанню n -го типу НЗ після відтворення $\{m_n\}$ імітованих ситуацій на n -му етапі навчання (визначається експериментально); N – загальна кількість етапів навчання.

Таким чином, необхідно знайти таку кількість імітованих ситуацій для відпрацювання типових НЗ на кожному етапі щоб максимізувати цільову функцію (8) при наступних обмеженнях:

$$\left. \begin{aligned} m_n &= 0, 1, 2, \dots, \\ \sum_{n=1}^N t_n m_n &\leq T, \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

де t_n – час виконання n -го типу НЗ на n -му етапі навчання.

Для знаходження оптимальних значень $\{m_n\}$ скористуємося методом динамічного програмування.

Позначимо

$$\Lambda_r(\xi) = \max_{m_1, \dots, m_r} \sum_{n=1}^r G_n(m_n), \quad (10)$$

при умові

$$\sum_{n=1}^r t_n m_n \leq \xi. \quad (11)$$

Після нескладних перетворень переходимо до наступного рекурентного співвідношення динамічного програмування:

$$\Lambda_r(\xi) = \max_{m_r} \{G_r(m_r) + \Lambda_{r-1}(\xi - t_r m_r)\}, \quad r = 1, \dots, N, \quad (12)$$

при умові

$$0 \leq m_r \leq \frac{\xi}{t_r}. \quad (13)$$

Характерним для динамічного програмування є визначений методичний захід, а саме: процес планування тренувань поділяється на N етапів і здійснюється послідовна оптимізація кожного з них. На кожному r -му етапі з урахуванням усіх можливих припущень результатів попереднього етапу обчислюється основне рекурентне співвідношення (12) та визначається умовний оптимальний параметр керування m_r .

Прийнявши $\xi = T$ та припустивши у (12) $r = N$, приходимо до співвідношення:

$$\Lambda_N(\xi = T) = \max_{m_N} \{G_N(m_N) + \Lambda_{N-1}(T - t_N m_N)\}, \quad (14)$$

при умові:

$$0 \leq m_N \leq \frac{T}{t_N}. \quad (15)$$

Знайшовши з (14) оптимальне значення m_N^{opt} та припустивши $\xi_1 = T - t_N m_N^{opt}(T)$, послідовно, починаючи з $(N-1)$ -го етапу, знаходяться оптимальні значення решти змінних: $m_{N-1}, m_{N-2}, \dots, m_1$. Необхідно відзначити, що метод динамічного програмування являє собою направлений послідовний перебір варіантів, що обов'язково приводить до глобального максимуму й оптимального вирішення задачі (6).

Висновки

Таким чином, за допомогою розробленої моделі на кожному етапі (кроку) процесу підготовки ОС забезпечується формування та відпрацювання оптимального набору НЗ з урахуванням поточного рівня підготовки ОС, обмежень по відведеному навчальному

часу. При цьому забезпечується максимальне значення імовірності того, що в будь-який момент періоду навчання рівень підготовки особового складу підрозділів СП буде не нижче необхідного, тобто такого, який забезпечить виконання поставлених задач у різних умовах обстановки.

Список літератури

1. Ковальчук А.М. Тренажерна модель стрілецьких вправ у підрозділах МВС України / А.М.Ковальчук // Збірник наукових праць ХОІФК. – 2001. – № 3. – С.79–80.
2. Растринин Л.А. Обучающие системы / Л.А. Растринин // Изв. АН СССР. Техн. кибернетика. – 1993. – № 2. – С.153–163.
3. Шворов С.А. Побудова інтелектуальних систем навчання / С.А. Шворов, В.Є. Лукін // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – 2011. – № 32. – С.143–147.
4. Шворов С.А. Теоретичні питання побудови інтелектуальних тренажерних систем інтенсивної підготовки операторів АСУ військового призначення / С.А. Шворов, О.В. Сілко // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ «КПІ». – 2011 р. – № 1. – С.179–183.
5. Шворов С.А. Методи оптимізації планування підготовки операторів АСУ спеціального призначення // С.А. Шворов, В.І. Кугашев // Військова освіта і наука: сьогодення та майбутнє : VII междунар. наук.-практ. конф. ВІКНУ, 24-25 лист. 2011 р. : тези доп. – К., 2011. – С.87.

Ю.А. Гунченко, С.В. Ленков

МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АДАПТИВНОЙ ТРЕНАЖЕРНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ СПЕЦПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

Разработана модель функционирования адаптивной тренажерной системы, с помощью которой обеспечивается оптимальное планирование процесса отработки учебных задач с учетом достигнутого текущего уровня для подготовки специалистов спецподразделений.

Ключевые слова: адаптивная тренажерная система, личный состав, уровень подготовки, адаптивное управление, учебные задачи

Yu. Gunchenko, S. Lenkov

THE MODEL OF FUNCTIONING OF ADAPTIVE TRAINER SYSTEM FOR PREPARATION OF SPECIALISTS OF THE SPECIAL DIVISIONS

The authors have developed a functioning model of the adaptive trainer system. This system ensures optimum planning (taking into account the current level) of training system for preparation members of the Special Forces.

Keywords: adaptive trainer system, personnel, training level, adaptive control, educational tasks