

УДК 623.592

Ю.О. Гунченко, канд. техн. наук, Одес. нац. політехн. ун-т,
С.В. Ленков, д-р техн. наук, проф., Військ. ін-т Київ. нац. ун-ту ім. Тараса Шевченка,
С.А. Шворов, д-р техн. наук, ст. наук. співпр., Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України, м. Київ

МЕТОДИ АНАЛІЗУ І СИНТЕЗУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРЕНАЖЕРНИХ СИСТЕМ ІНТЕНСИВНОЇ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ ПІДРОЗДІЛІВ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Ю.О. Гунченко, С.В. Ленков, С.А. Шворов. **Методи аналізу і синтезу інтелектуальних тренажерних систем інтенсивної підготовки фахівців підрозділів спеціального призначення.** Розглядаються методи аналізу і синтезу інтелектуальних тренажерних систем, концептуальною основою побудови яких є забезпечення прискореної підготовки фахівців до максимально можливого рівня навченості з виконання поставлених завдань.

Ключові слова: інтелектуальна тренажерна система, фахівці спецпідрозділів, навчальне завдання, рівень підготовки, оптимальне проектування.

Ю.А. Гунченко, С.В. Ленков, С.А. Шворов. **Методы анализа и синтеза интеллектуальных тренажерных систем интенсивной подготовки специалистов подразделений специального назначения.** Рассматриваются методы анализа и синтеза интеллектуальных тренажерных систем, концептуальной основой построения которых является обеспечение ускоренной подготовки специалистов до максимального возможного уровня обученности по выполнению поставленных задач.

Ключевые слова: интеллектуальная тренажерная система, специалисты спецподразделений, учебное задание, уровень подготовки, оптимальное проектирование.

Yu.O. Gunchenko, S.V. Lenkov, S.A. Shvorov. **Methods of analysis and synthesis of intelligent training systems of special forces intensive training.** The methods of analysis and synthesis of intelligent training systems are considered. The conceptual basis for the construction of the methods is to provide accelerated training to the highest possible level of training to implement the assigned tasks.

Keywords: intelligent training systems, special forces experts, learning task, the level of training, the optimal design.

За оцінками провідних спецслужб світу загроза скоєння теракту під час проведення широкомасштабних спортивних заходів класу “Олімпійські ігри”, “Кубок світу FIFA”, “Футбольний чемпіонат EURO” зростає втричі. В умовах проведення в Україні великих міжнародних спортивних заходів, таких, як Євро-2012, постійно підвищуються вимоги до рівня підготовки фахівців спецпідрозділів (ФСП). Практика показує, що ефективне застосування сучасного озброєння та обладнання підрозділів спеціального призначення одночасно передбачає створення новітніх комп’ютерних інтелектуальних тренажерних систем (ІТС) інтенсивної підготовки ФСП. ІТС являє собою інтегровану експертно-моделюючу систему, за допомогою якої забезпечується підготовка ФСП до необхідного рівня на основі: цілеспрямованого використання знань експертів в області роботи ФСП; імітаційного багатоваріантного моделювання зовнішньої обстановки; діагностики знань, умінь та навиків у ФСП по виконанню навчальних завдань (НЗ); накопичення даних об’єктивного контролю і управління навчанням. Тільки систематичне проведення

комп'ютерних тренувань забезпечує підготовку фахівців до такого необхідного рівня, при якому в процесі виконання поставлених завдань у різних умовах обстановки мінімізується ймовірність скоєння терактів.

Аналіз існуючого науково-методичного апарату побудови тренажерних систем [1...3] показує, що він орієнтований на екстенсивний шлях навчання (через збільшення кількості занять та тренувань), який себе практично вичерпав. З іншого боку, сучасні інформаційні технології й методики навчання із застосуванням ІТС відкривають величезні можливості в сфері інтенсивної підготовки. Про це свідчить як закордонний, так і вітчизняний досвід. Тому залишається єдиний раціональний шлях — побудова ІТС інтенсивної підготовки ФСП: через підвищення якісних характеристик навчання з одночасною мінімізацією матеріальних, ресурсних і часових витрат.

Метою статті є подальший розвиток теоретичних основ побудови комп'ютерних ІТС, розробки сукупності методів аналізу і синтезу ІТС, що необхідно для обґрунтування раціонального варіанта побудови ІТС інтенсивної підготовки ФСП.

В загальному вигляді постановка завдання наукового дослідження формулюється таким чином. Необхідно визначити раціональний варіант побудови ІТС, застосування якого забезпечить підготовку ФСП до максимально можливого рівня навченості у найкоротший термін. Розв'язання цього завдання можливе на основі використання сучасних інтенсивних технологій навчання. При цьому інтенсивна технологія визначається як система чинників, що інтенсифікують процес навчання: ідеальних, спрямованих на підвищення ступеня активності тих, кого навчають, і матеріальних (технічних), що забезпечують заданий (максимальний) рівень навчання в найкоротший термін [3].

Для досягнення мети і завдання наукового дослідження виникає необхідність у вирішенні таких груп наукових завдань:

- розробка методів аналізу процесу функціонування комп'ютерних дискретно керованих ІТС;
- розробка методології структурного та параметричного синтезу комп'ютерних ІТС і організація їх оптимального функціонування в процесі підготовки ФСП;
- розробка методичних основ обґрунтування вимог до ІТС на основі запропонованої методології їх синтезу;
- розробка методичних принципів побудови та основ організації функціонування ІТС і їх основних елементів, що забезпечить реалізацію запропонованих до них вимог.

При вирішенні *першої групи наукових завдань* визначається мета і модель функціонування ІТС і розв'язувані нею завдання та умови функціонування ІТС у процесі інтенсивної підготовки ФСП.

Основні поняття теорії побудови ІТС базуються на категоріях загальної теорії систем [3, 4]. При цьому спільність понять теорії систем виявляється в конкретній предметній сфері, в тому числі й стосовно інтелектуальних комп'ютерних тренажерних систем. Основними елементами ІТС виступають комп'ютерні тренажери як сукупність засобів, що забезпечать, поряд з підготовкою осіб, які приймають рішення, також злагодженість бойових обслуг на основі виконання навчальних завдань. При цьому ІТС являє собою сукупність інтелектуальних комп'ютерних тренажерів і комплексів, об'єднаних ієрархічними, інформаційними, керуючими зв'язками, де кожний елемент спрямований на досягнення загальної мети — забезпечення необхідного рівня навченості ФСП. При створенні ІТС необхідно визначити її структуру і номенклатуру алгоритмів, які найкраще відповідають призначенню системи. Щоб розв'язувати такого роду прикладні задачі, необхідно мати у своєму розпорядженні знання про ефективність різних способів структурної організації тренажерної системи й методів управління процесами її функціонування. Властивості і закономірності динамічного функціонування, які мають місце у комп'ютерних мережах з різною організацією у ході підготовки ФСП, складають предмет теорії побудови ІТС. Її основними завданнями є аналіз і синтез інтелектуальних тренажерних систем. Для завдань першої групи — аналізу ІТС — характерні такі два етапи проведення досліджень. На першому етапі необхідно побудувати концептуальну модель функціонування ІТС, а на другому етапі, на базі прийнятої концептуальної моделі — математичну модель динамічного дис-

кретно керованого процесу, у якому: об'єктом управління є ФСП; керованими параметрами — показники якості діяльності тих, кого навчають; керуючими впливами — навчально-інформаційні моделі, сформовані інтелектуальними тренажерами; алгоритмом управління процесом навчання — алгоритм зміни параметрів навчально-інформаційного середовища відповідно до рівня підготовки ФСП. Також розробляється система показників і методика оцінки ефективності інтелектуальних тренажерних систем. Результатом аналізу, проведеного в рамках теорії побудови ІТС, є моделі процесів їх функціонування і закономірності, що властиві цим процесам і системі взагалі.

В основу запропонованого методичного підходу до інтенсифікації навчання покладене те, що внутрішня переконаність ФСП в обмеженості часу, що залишився на вивчення та виконання навчального завдання, викликає у них стан напруженості. Якщо ж напруженість не перевищує граничне значення V_{ij} — гранично припустиму напруженість — вплив цієї внутрішньої переконаності стає організуючим [3]. У моделі функціонування ІТС напруженість h_{ij} визначена як внутрішній стан j -го фахівця безпосередньо перед виконанням i -ого елементарного завдання.

Концепція напруженості реалізується в ІТС шляхом зменшення циклу відображення навчальної інформації (змісту навчального завдання) на моніторах ПЕОМ, поки напруженість не досягне заданого рівня V , при якому ще дефіцит часу діє як організуючий чинник. Організуючий вплив емоційної напруженості (S -напруженості) визначається тим, що в процесі тренувань фахівці працюють зосереджено, точніше, і ймовірність правильного і своєчасного виконання елементарних завдань навчання підвищується.

Функція напруженості h являє собою відношення часу, необхідного на виконання навчального завдання, до фактично наявного часу в розпорядженні фахівців у кожному циклі функціонування ІТС [3]

$$h = \frac{\sum_{i=1}^I \bar{t}_{iTp}}{T},$$

де \bar{t}_{iTp} — середній час, необхідний фахівцям для виконання i -ого елементарного завдання;

I — кількість завдань, що залишилися для виконання;

T — повний час, що є в розпорядженні ФСП для виконання I завдань навчання, які залишилися в кожному циклі функціонування ІТС.

Середні значення часу виконання елементарних навчальних завдань обчислюються на основі статистичних даних, отриманих у ході занять. Обчислення значення напруженості h_{ij} в процесі підготовки фахівців обмежені в ІТС і знаходяться в межах від 1,0 до 4,0.

У загальному випадку постановка проблеми інтенсивної підготовки фахівців зводиться до того, що необхідно знайти з множини можливих варіантів R такий варіант побудови ІТС x , при якому забезпечується інтенсивна підготовка ФСП ($h \rightarrow V$) до необхідного (максимально можливого) рівня P з мінімальними фінансовими C і часовими T витратами.

Формальна постановка наукової проблеми може бути представлена у вигляді розв'язання чотирикритеріальної задачі:

$$P \rightarrow \max_{x \in R}, C \rightarrow \min_{x \in R}, T \rightarrow \min_{x \in R}, h \rightarrow \max_{x \in R}.$$

Як видно, усі критерії мають суперечливий характер і знайти оптимальний варіант побудови ІТС, що задовольняє всім зазначеним умовам, у край складно. Без розробки теоретико-концептуальних основ побудови таких систем, методів оптимізації структури і параметрів ІТС розв'язання зазначеної проблеми неможливе.

Концептуальною основою побудови ІТС інтенсивного навчання є комбіноване розв'язання таких двох основних завдань [5]:

— прискорена підготовка фахівців до необхідного рівня з виконання навчальних завдань при мінімальних витратах часу (перша фаза інтенсивного навчання).

— підготовка фахівців для виконання завдань до максимально можливого рівня фахової навченості при заданих часових (вартісних) обмеженнях у ході проведення планових навчальних занять (друга фаза інтенсивної підготовки).

Розв'язання першого завдання здійснюється у випадку, коли фахівці за результатами тестування не досягли необхідного рівня підготовки. Для розв'язання даного завдання здійснюється віртуальне підключення ПЕОМ тих, кого навчають, до ПЕОМ викладача з метою організації проведення першої фази інтенсивного навчання. При цьому в прискореному режимі забезпечується формування такої кількості різнотипних навчальних задач на засобах відображення ПЕОМ, при відтворенні яких скорочуються часові (фінансові) витрати, необхідні для підготовки фахівця до необхідного рівня. Розв'язання даної задачі може здійснюватися, наприклад, на основі використання методу оптимального планування й організації процесу прискореної підготовки фахівців [4].

Для тих, хто успішно пройшов тестування, ставиться завдання зі створення такої віртуальної структури ІТС, при якій одночасно на засобах відображення ПЕОМ тих, кого навчають, формується необхідна кількість навчальних завдань, що забезпечує подальше максимальне підвищення рівня підготовки фахівців з досліджуваних тем. Розв'язання даного завдання здійснюється за допомогою методу оптимального поетапного планування навчального процесу [5], основною перевагою якого є те, що він досить простий і добре пристосований до розв'язання так званих багатоетапних чи багатоступеневих завдань з обмеженим часом проведення планових занять. Основу методу складає принцип оптимальності, який полягає в тому, що яким би не був початковий рівень підготовки фахівців перед черговим етапом навчання, треба вибрати управління на цьому етапі таким, щоб перевага часу на цьому етапі плюс оптимальна перевага на всіх наступних етапах були максимальними.

У *другій групі завдань* теорії побудови інтелектуальних тренажерних систем однією з основних є завдання їх оптимального синтезу, яке спрямоване на вибір способу побудови системи, що найкраще пристосована для виконання заданих функцій. Вихідними в задачі синтезу є такі дані: функції та завдання системи; перелік обмежень на характеристики системи (часові, ресурсні); критерій ефективності, що встановлює спосіб оцінки якості системи в цілому. Виходячи з цих відомостей, необхідно визначити структуру системи, параметри елементів і стратегію управління процесами, що повинні задовольняти заданим обмеженням і бути оптимальними щодо змісту критеріїв ефективності. Процедура синтезу ІТС поділяється на процедури структурного і параметричного синтезу. Метою структурного синтезу є визначення структури побудови системи: типу підсистем, склад елементів і зв'язків між ними. Параметричний синтез полягає у визначенні оптимальним способом технічних характеристик підсистем та основних елементів при фіксованій структурній схемі системи. Задача синтезу оптимальної структури розглядається як задача визначення оптимального відображення множини виконуваних функцій ІТС на множину її взаємозалежних елементів. Відповідно розробляються методи оптимального планування тренувань і керування інтелектуальними тренажерами як процесу організації оптимального функціонування динамічної дискретно керованої системи. Таким чином, для реалізації технології інтенсивного навчання повинна забезпечуватися адаптивна зміна швидкості видачі навчальних завдань з ПЕОМ викладача на ПЕОМ тих, кого навчають. При цьому структура ІТС умовно підрозділяється на комп'ютерні класи, до яких належать ПЕОМ викладача і ПЕОМ тих, кого навчають, і підсистему дистанційного навчання, що включає ПЕОМ викладача і ПЕОМ ФСП. При цьому фізичне з'єднання ПЕОМ з ІТС може здійснюватися через внутрішню комп'ютерну мережу INTRANET чи всесвітню комп'ютерну мережу INTERNET, що забезпечує реалізацію гнучкої віртуальної структури ІТС для найбільш ефективного проведення всіх видів комп'ютерних занять.

Методика розв'язання задачі параметричного синтезу включає такі основні етапи. На першому етапі визначаються показники ефективності кожного з варіантів побудови ІТС на множині умов функціонування системи для вибору найкращих з них. На другому етапі методики розв'язується задача класифікації ситуацій за ознакою задоволення прийнятим обмеженням. Під ситуацією в багатовимірному факторному просторі розуміється варіант розв'язання, а також варіант умов його реалізації. Для кожної точки ситуації робиться розрахунок показників ефективності і порівняння отриманих значень з припустимими. Для звуження множини варіантів розв'язань на третьому етапі застосовується принцип оптимізації за Парето, що виділяє припустиму Парето-ефективну множину розв'язок [6]. Подальше звуження множини варіантів розв'язань пов'язане з концептуальним вибором такого варіанту побудови ІТС із всієї множини, який забезпечує достатньо високий (необхідний) рівень показників цільової та економічної ефективності. При цьому оптимальний розв'язок дозволяє визначити діапазон припустимих значень параметрів інтелектуальної тренажерної системи, що забезпечує підготовку ФСП до необхідного рівня щодо виконання поставлених завдань.

Третя група завдань — методичні основи обґрунтування вимог до ІТС базується на методології їх синтезу і включає розв'язання завдань: моделювання динаміки зміни рівня навченості в процесі підготовки ФСП і згідно з отриманими показниками цільової та економічної ефективності — формулювання вимоги до побудови ІТС. При цьому обґрунтовуються вимоги до експертних підсистем об'єктивного контролю, планування та управління навчально-інформаційним середовищем, апаратних і програмних засобів всіх підсистем ІТС.

Четверта група завдань передбачає розробку технічних принципів побудови ІТС, тобто технічних рішень, що забезпечать реалізацію обґрунтованих вимог до них. З концептуальної точки зору ІТС являє собою інтегровану експертно-моделюючу систему, яка спочатку вивчає навчальні завдання, а потім за допомогою електронного інструктора на етапі первинної підготовки навчає фахівців виконанню цих завдань. При набутті необхідних умінь і навичок роботи інформаційна підтримка електронного інструктора скорочується.

Основною метою функціонування ІТС є підготовка фахівців до необхідного (максимально можливого) рівня P_n при мінімальних витратах часу і засобів C .

При цьому узагальнений показник C повинен враховувати витрати на розробку C_1 , серійне виготовлення C_2 і впровадження C_3 кожного раціонального r -го ($r=1, \dots, R$) варіанта ІТС, часові C_4 , а також експлуатаційні витрати C_5 , необхідні для підготовки фахівців необхідного рівня P_n . Крім того, узагальнений показник C має враховувати витрати для створення і ведення баз даних (баз знань) про навчальні завдання C_6 і організацію об'єктивного контролю і управління процесом навчання C_7 . Також в узагальнений показник C можуть включатися витрати C_8 , необхідні для підвищення стійкості функціонування засобів обчислювальної техніки, програмного забезпечення і мережного обладнання кожного r -го варіанту ІТС. При цьому значення k -го ($k=1, \dots, s$) показника витрат не повинне перевищувати максимально допустимого значення $C_{k_{\text{доп}}}$.

Виходячи з того, що показники витрат задаються в різних одиницях виміру і носять різний фізичний зміст, для розв'язання завдання вибору раціонального варіанта побудови та організації функціонування ІТС на першій фазі навчання скористаємося концепцією нелінійної схеми компромісів [6].

При цьому для вибору r -го варіанта побудови ІТС, що забезпечить прискорену підготовку фахівців, доцільно використовувати узагальнений показник C_r

$$C_r = \sum_{k=1}^s \left(\frac{F_k C_{k_{\text{доп}}}}{C_{k_{\text{доп}}} - C_{kr}} \right) \rightarrow \min ,$$

при $P_r \geq P_n$, $C_{kr} \leq C_{k_{\text{доп}}}$, $\sum_{k=1}^s F_k = 1$,

де P_r — середній рівень підготовки фахівців, що досягається при використанні r -го варіанта ІТС на першій фазі навчання;

P_n — необхідний рівень підготовки фахівців;

F_k — коефіцієнт важливості k -го показника.

Крім того, r -й варіант побудови ІТС при його використанні на другій фазі навчання повинен задовольняти критерію ефективності

$$P_r \rightarrow \max \quad (4)$$

при $C_{kr} \leq C_{k_{\text{доп}}}$, $h = V$.

Практична перевірка зазначених дослідних підсистем та математичних імітаційних моделей проведена в навчальному процесі підготовки ФСП. Як показують результати досліджень, використання запропонованих моделей інтенсивного навчання забезпечує підвищення до необхідного рівня навченості фахівців спецпідрозділів.

Таким чином, застосування методів, моделей та методик розглянутих теоретичних основ побудови інтелектуальних тренажерних систем інтенсивної підготовки дає змогу вирішити науково-практичну проблему — забезпечити необхідний рівень навченості фахівців підрозділів спеціального призначення за рахунок оптимального проектування і використання інтелектуальних тренажерних систем.

Література

1. Соловов, Л.В. Электронное обучение: проблематика, дидактика, технология / Л.В. Соловов. — Самара: Новая кн., 2006. — 462 с.
2. Машбиц, Е.И. Психолого-педагогические проблемы компьютеризации обучения / Е.И. Машбиц. — М.: Педагогика, 1988. — 192 с.
3. Шибанов, Г.П. Количественная оценка деятельности человека в системах человек — техника / Г.П. Шибанов. — М.: Машиностроение, 1983. — 263 с.
4. Шворов, С.А. Метод обоснования требований к тренажерам диспетчеров управления воздушным движением / С.А. Шворов // Кибернетика и вычисл. техника. — 2003. — № 140. — С. 23 — 30.
5. Шворов, С.А. Метод оптимального поэтапного планирования тренувань бойових обслуг засобів ППО / С.А. Шворов // Зб. наук. пр. КВІУЗ. — К., 2001 — № 4. — С. 192 — 196.
6. Применение нелинейной схемы компромиссов в задаче синтеза структуры СПД / А.М. Воронин, С.А. Шворов, П.Д. Мосорин, М.В. Ткаченко // Проблемы упр. и автомат. — 2003. — № 3. — С. 69 — 82.

References

1. Solovov, L.V. Elektronnoe obuchenie: problematika, didaktika, tekhnologiya [Electronic Learning: Issues, Teaching, Technology] / L.V. Solovov — Samara's new book, 2006. — 462 p.
2. Mashbits, E.I. Psikhologo-pedagogicheskie problemy kompyuterizatsii obucheniya [Psychological-Pedagogical Problems of Computerization of Education] / E.I. Mashbits — Moscow, 1988. — 192 p.
3. Shibanov, G.P. Kolichestvennaya otsenka deyatel'nosti cheloveka v sisteme chelovek — tekhnika [Quantitative Assessment of Human Activities in the System of Man— Machinery] / G.P. Shibanov — Moscow, 1983. — 263 p.
4. Shvorov, S.A. Metod obosnovaniya trebovaniy k trenazheram dispetcherov upravleniya vozдушnim dvizheniem [The Method of Justifying the Requirements for Simulators for Air Traffic Controllers] / S.A. Shvorov // Cybernetics and Computer Science. — 2003. — #140 — pp. 23 — 30.
5. Shvorov, S.A. Metod optimal'nogo po etapnoho planuvannya trenuvan boiovykh obsluh zasobiv PPO [The Method of Optimal Phased Planning of Combat Training of Air Defense Service Tools] / S.A. Shvorov // Collected Works KVIUZ. — Kiev, 2001 — № 4. — pp. 192 — 196.
6. Primenenie nelineynoy skhemy kompromisov v zadachakh sinteza struktury SPD [Application of Non-linear Compromises Circuit in the Design of the SAP Structure] / A.M. Voronin, S.A. Shvorov, P.D. Mosorin, M.V. Tkachenko // Problems of Control and Automation. — 2003. — # 3. — pp. 69 — 82.

Рецензент д-р фіз.-мат. Наук, проф. Одес. нац. ун-ту ім. І.І. Мечникова Варбанець П.Д.

Поступила в редакцію 5 березня 2012 р.