

УДК 519.8:681.5

І.О. Романенко¹, А.М. Ткачов², І.В. Рубан²¹Генеральній штаб Збройних Сил України, Київ²Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків**МЕТОДИКА АДАПТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ ПІДГОТОВКИ ВІЙСЬК (СИЛ)**

Розглянуто методику адаптивного планування підготовки військ (сил). Використанні динамічного програмування дозволяє вирішити багатовимірну задачу планування шляхом її декомпозиції на декілька етапів, кожен з яких представляє підзадачу щодо однієї змінної. Застосування інформаційної моделі взаємодії заходів підготовки дозволить адаптувати планування згідно вимог щодо підготовки військ (сил) та підвищить ефективність використання фінансових і часових ресурсів при проведенні підготовки.

Ключові слова: методика адаптивного планування підготовки, динамічне програмування.

Вступ

Постановка проблеми. Планування підготовки військ (сил) до виконання своїх функціональних завдань є одним з найважливіших компонентів підтримки боєготовності Збройних Сил України на необхідному рівні.

Планування процесу підготовки, здійснюється згідно завдань, які визначені перед підрозділами. Якщо процес планування організувати на основі адаптивного методу, який враховує взаємодію заходів підготовки як сукупність взаємозв'язаних заходів, формуючих на часовому інтервалі відповідний рівень знань, умінь та навичок, то можливо забезпечити підвищення рівня підготовленості та його стабілізацію в діапазоні заданих значень [1].

Виходячи з цього, актуальним напрямом є розробка методики адаптивного планування підготовки військ (сил). Одним з важливих теоретичних питань залишається завдання автоматизації планування підготовки, вирішення якої дозволить врахувати показники, що впливають на рівень підготовленості в процесі проведення підготовки військ (сил).

Аналіз результатів останніх досліджень і публікацій. Початок нового тисячоліття відмічено зусиллям пошуку вирішення актуальних задач повсякденної діяльності людства шляхом симбіозу та взаємопроникнення методів рішення цих задач з різних галузей наук. Про перспективність досліджень на стиках різних областей знань, що особливо відносяться до освітніх наук, написано у багатьох джерелах [2]. Такий комплексний підхід до вирішення різноманітних багатовимірних задач, не одноразово проявляв себе та доказував свою користь. [3].

Мета статті. Метою даної статті є опис методики адаптивного планування підготовки військ (сил) з урахуванням вимог, що визначені до підрозділів на період підготовки. Розглянута методика адаптивного планування.

Основна частина

На практиці, при складанні плану підготовки без урахування моделі, що описує процес формування і втрат рівня підготовки, можливі ситуації, коли рівень підготовки підрозділів знижується (рис. 1) за мінімальний рівень R_{\min}^{Π} , що означає нездатність частин і підрозділів виконувати свої функціональні завдання.

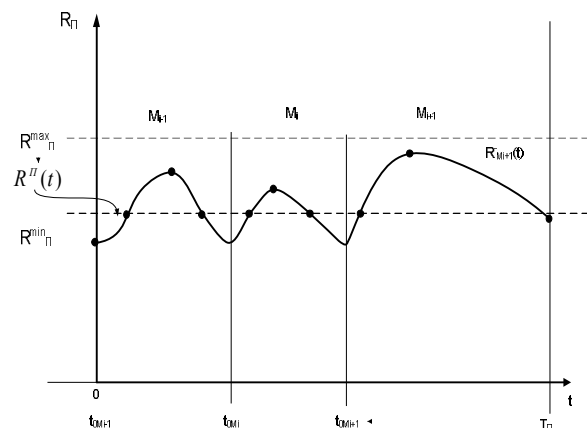


Рис. 1. Рівень підготовки при плануванні без урахування параметрів заходів, що проводяться

Кожен захід M_i у плані підготовки характеризується часом початку $t_{M_i}^0$ і тривалістю заходу підготовки – часом $t_{M_i}^{\Pi}$. Після виконання заходу, рівень підготовки збільшується на величину $R_{M_i}^{\Pi}$ за час $t = t_{M_i}^0 + t_{M_i}^{\Pi}$. Процес збільшення рівня підготовки описується функцією $R_{M_i}^{\Pi+}$. Після виконання заходу підготовки M_i рівень підготовки $R_{M_i}^{\Pi}$ починає знижуватися, що описується функцією втрат $R_{M_i}^{\Pi-}$ (рис. 2).

Отримуємо наступний вираз для визначення рівня $R_{M_i}^{\Pi}$ залежно від t :

$$R_{M_i}^{\Pi}(t) = \begin{cases} 0, & t = t_{M_i}^0; \\ R_{M_i}^{\Pi+}, & t_{M_i}^0 < t \leq (t_{M_i}^0 + t_{M_i}^{\Pi}); \\ R_{M_i}^{\Pi-}, & t > (t_{M_i}^0 + t_{M_i}^{\Pi}). \end{cases} \quad (1)$$

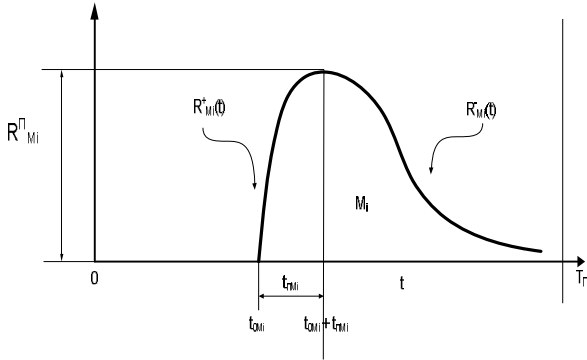


Рис. 2. Рівень підготовки $R_{M_i}^{\Pi}$, сформований при виконанні M_i заходи як функція часу

Тобто, при проведенні M_i заходи підготовки, рівень підготовки R^{Π} збільшується протягом часу $t = t_{M_i}^0 + t_{M_i}^{\Pi}$ відповідно до функції приросту $R_{M_i}^{\Pi+}$ і, потім, рівень R^{Π} зменшується відповідно до функції $R_{M_i}^{\Pi-}$. Знаючи для кожного заходу підготовки M_i функції $R_{M_i}^{\Pi+}$, $R_{M_i}^{\Pi-}$ і тривалість заходу $t_{M_i}^{\Pi}$, можна для кожного заходу M_i визначити його оптимальний час початку $t_{M_i}^0$ у плані підготовки, таким чином, щоб $R_{\min}^{\Pi} \leq R^{\Pi} \leq R_{\max}^{\Pi}$, або хоч би $R_{\min}^{\Pi} \leq R^{\Pi}$ (рис. 3).

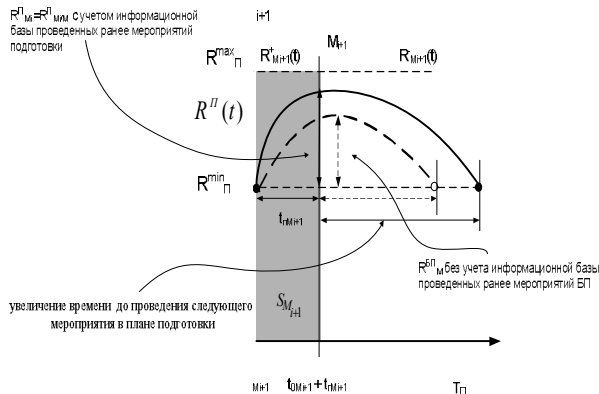


Рис. 3. Розрахунок $R_{M_i}^{\Pi}$ підготовки M_i заходу з урахуванням інформаційної бази від проведених раніше заходів

При складанні плану підготовки рівень $R_{M_i}^{\Pi}$ для кожного M_i заходи необхідно розраховувати з урахуванням проведених раніше заходів, які створюють для нього інформаційну базу і безпосередньо впливають на ефективність його проведення. Це дає можливість підвищити рівень підготовки не збільшуючи витрати S_{M_i} на проведення кожного заходу підготовки S_{M_i} і плану підготовки в цілому.

Очевидно, що рівень $R_{M_i}^{\Pi/M}$ підготовки M_i заходи з урахуванням інформаційної бази від проведених раніше заходів буде вище, ніж рівень $R_{M_i}^{\Pi}$ підготовки M_i заходи без урахування інформаційної бази від проведених раніше заходів, що збільшує час до проведення наступного заходу в плані підготовки. Тобто $R_{M_i}^{\Pi}$ при плануванні необхідно розраховувати як $R_{M_i}^{\Pi/M}$.

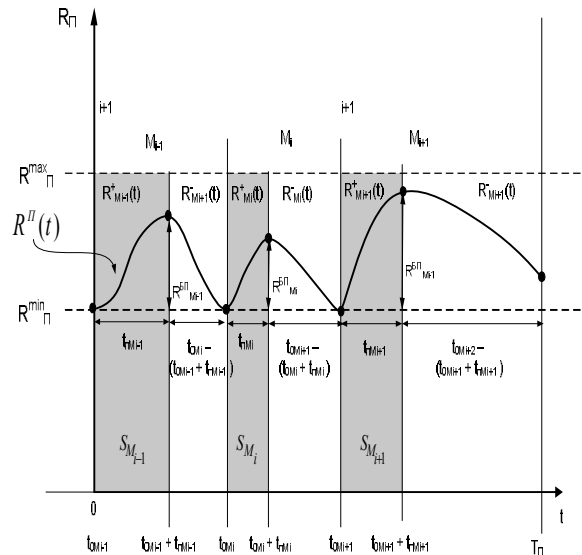


Рис. 4. Рівень підготовки при плануванні з урахуванням параметрів заходів, що проводяться

Формалізуємо задачу планування підготовки в термінах побудованої математичної моделі.

Під планом підготовки надалі розумітимемо впорядковану на тимчасовому інтервалі $[0, T_{\Pi}]$ послідовність R^{Π} заходів підготовки $M_i \in M, i = \overline{1, m}$.

Довжина послідовності l , це кількість заходів підготовки (або кроків), які необхідно виконати за планом підготовки, або складність плану.

Початковими даними для планування підготовки є:

- T_{Π} - час підготовки (період планування);
- S_{Π} - бюджет засобів, виділених на проведення підготовки;

– допустимий рівень підготовки R^Π ($R_{\min}^\Pi \leq R^\Pi \leq R_{\max}^\Pi$), задається у вигляді інтервалу $[R_{\min}^\Pi; R_{\max}^\Pi]$;

– перелік заходів підготовки $M_i \in M, i = \overline{1, m}$, де для кожного заходу повинен бути вказаний приріст знань – $Z_{M_i} \in Z, i = \overline{1, m}$; умінь – $U_{M_i} \in U, i = \overline{1, m}$; навиків – $N_{M_i} \in N, i = \overline{1, m}$ тривалість заходу – час $t_{M_i}^\Pi$; сумарна вартість матеріально-технічних засобів S_{M_i} необхідних для його проведення;

– функція $R_{M_i}^\Pi = f(Z_{M_i}, N_{M_i}, U_{M_i})$ для визначення загального формованого рівня підготовки сукупності знань, умінь, навиків;

– функція зростання $R_{M_i}^{\Pi+}(t)$ для опису процесу збільшення рівня підготовки при проведенні заходу M_i ;

– функція втрат $R_{M_i}^{\Pi-}(t)$ для опису процесу зниження рівня підготовки після виконання заходу підготовки M_i ;

– матриці коефіцієнтів суміжності $K \in [0; 1]$:

по кожній з компонент Z, U, N коефіцієнтів взаємного впливу $K_{Z_{M_i}}, K_{U_{M_i}}, K_{N_{M_i}}$ елементів підготовки M_i .

Номер заходу в плані підготовки (або кроку) позначимо $k = \overline{1, l}$.

Окремий пункт (крок) плану підготовки позначимо як P_k^Π , а $d(P_{k-1}^\Pi, P_k^\Pi) = t_{M_i^k}^0 - t_{M_i^{k-1}}^0$ – як відстань (час) між P_k^Π і P_{k-1}^Π кроками плану підготовки.

Завдання планування полягає у виборі такої послідовності P^Π заходів підготовки $M_i \in M, i = \overline{1, m}$, на часовому інтервалі $[0, T_\Pi]$ яка забезпечувала б такий рівень підготовки R^Π , коли інтервал часу між заходами максимальний, а забезпечений ними рівень підготовки R^Π знаходиться в заданих межах, або не нижче необхідного рівня

$$P^\Pi \Rightarrow \langle M_1^1, M_1^2, \dots, M_1^k, \dots, M_1^l \rangle \in M, i = \overline{1, m} \quad k = \overline{1, l} \quad (2)$$

з безлічі можливих варіантів $M_i \in M, i = \overline{1, m}$ вибирають такі

$$M_i : \begin{cases} t_{M_i^{k+1}}^0 - (t_{M_i^k}^0 + t_{M_i^k}^\Pi) \rightarrow \max; \\ R_{M_i/M}^\Pi > R_{M_i}^\Pi, \end{cases} \quad (3)$$

які забезпечували б

$$R^\Pi \in [R_{\min}^\Pi, R_{\max}^\Pi] \text{ и } R_{\min}^\Pi \leq R^\Pi \quad (4)$$

при обмеженнях:

– за сумарними вартісними витратами на проведення заходів за планом підготовки

$$\sum_1^k S_k \leq S^\Pi; \quad (5)$$

– за сумарними тимчасовими витратами на проведення заходів $t_{M_i^k}^\Pi$ за планом підготовки і ін-

тервалам часу між заходами $t_{M_i^{k+1}}^0 - (t_{M_i^k}^0 + t_{M_i^{k+1}}^\Pi)$:

$$\sum_1^k \left(t_{M_i^{k+1}}^\Pi + t_{M_i^{k+1}}^0 - (t_{M_i^k}^0 + t_{M_i^k}^\Pi) \right) \leq T^\Pi. \quad (6)$$

Рішення даної задачі можливе методом динамічного програмування. Динамічне програмування визначає оптимальне рішення k -мірного завдання шляхом її декомпозиції на k етапів, кожен з яких представляє рішення задачі щодо однієї змінної. Обчислювальна перевага такого підходу полягає в тому, що ми займаємося вирішенням одновимірних оптимізаційних задач замість великої k -мірної задачі. Фундаментальним принципом динамічного програмування, який складає основу декомпозиції завдання, є оптимальність.

Обчислення виконуються рекурентно в тому сенсі, що оптимальне вирішення однієї задачі використовується як початкові дані для наступної. Вирішивши останню задачу, ми отримаємо оптимальне рішення початкової задачі. Спосіб виконання рекурентних обчислень залежить від того, як проводиться декомпозиція початкового завдання. Зокрема, задачі зазвичай зв'язані між собою деякими загальними обмеженнями. Якщо здійснюється перехід від однієї задачі до іншої, то повинні враховуватися ці обмеження. Тепер покажемо, як рекурентні обчислення динамічного програмування можна виразити математично. Нехай $t_k(P_k^\Pi)$ – максимальна відстань до кроку плану P_k^Π , на етапі k , $d(P_{k-1}^\Pi, P_k^\Pi)$ – відстань між P_k^Π і P_{k-1}^Π кроками плану підготовки. Тоді $t_k(P_k^\Pi)$ обчислюється на основі значень $t_{k-1}(P_{k-1}^\Pi)$ за допомогою наступного рекурентного рівняння

$$t_k(P_k^\Pi) = \max_{\text{всі варіанти вибору } (P_{k-1}^\Pi, P_k^\Pi)} \left\{ d(P_{k-1}^\Pi, P_k^\Pi) + t_{k-1}(P_{k-1}^\Pi) \right\}.$$

При $k = 1$ вважаємо $t_0(P_0^\Pi) \equiv 0$. Це рівняння показує, що максимальні відстані $t_k(P_k^\Pi)$ повинні бути виражені як функція попереднього кроку. У термінології динамічного програмування P_k^Π , іме-

нується перебуванням системи на k етапі. Насправді, перебування системи на етапі k – це інформація, що зв'язує етапи планування між собою, при цьому оптимальні рішення для етапів, що залишилися, можуть ухвалюватися без повторної перевірки того, як були отримані рішення на попередніх етапах.

Таке визначення стану системи дозволяє розглядати кожен етап окремо і гарантує, що рішення є допустимим на кожному етапі.

Визначення стану системи приводить до наступного виводу: на кожному етапі планування, оптимальна стратегія вибору M_i^k з безлічі можливих варіантів $M_i \in M, i = \overline{1, m}$ визначається незалежно від стратегій, використаних на попередніх етапах.

На підготовчому етапі в план підготовки включаються заходи, заплановані по планах підготовки вищестоящих органів управління (польові виходи, учення, комплексні тренування і ін.).

Всі заходи, які включаються в план підготовки, розташовуються в порядку, який забезпечує їх максимально-ефективне взаєморозташування з погляду сформованої інформаційної бази для планування подальших заходів підготовки. Зі всього переліку заходів M , у план підготовки спочатку включають такі заходи, для яких не потрібне створення інформаційної бази, далі перевага віддається заходам, для яких максимально підготовлена інформаційна база.

Висновки

Методика адаптивного планування підготовки може бути використана при розробці перспективної

автоматизованої системи планування плану підготовки з більш ефективним використанням фінансових та часових ресурсів.

Врахування взаємного впливу заходів підготовки дозволяє адаптувати заходи підготовки згідно вимог щодо підготовки військ (сил) та підвищить ефективність використання фінансових і часових ресурсів при проведенні підготовки.

Використання методів динамічного програмування дозволяє вирішити багатовимірну задачу планування шляхом її декомпозиції на декілька етапів, кожен з яких представляє підзадачу щодо однієї змінної

Список літератури

1. Офіційний сайт МО ЗС України. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до док.: <http://www.mil.gov.ua>.
2. Статистический анализ многомерных объектов произвольной природы / В.И. Васильев, В.В. Красильников, С.И. Плаксий, Т.Н. Тягунова. – М.: ИКАР, 2004. – 246 с.
3. Оценка качества деятельности образовательного учреждения / В.И. Васильев, В.В. Красильников, С.И. Плаксий, Т.Н. Тягунова. – М.: ИКАР, 2005. – 192 с.
4. Хованов Н.В. Математические основы теории шкал измерения качества / Н.В. Хованов. – Л.: Ленинградский университет, 2000. – 210 с.

Надійшла до редколегії 22.04.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Ю.В. Стасев, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

МЕТОДИКА АДАПТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ ПІДГОТОВКИ ВОЙСК (СИЛ)

И.А. Романенко, А.М. Ткачев, И.В. Рубан

Рассмотрена методика адаптивного планирования подготовки войск (сил). Использование динамического программирования позволяет найти решение многомерной задачи планирования путем ее декомпозиции на несколько этапов, каждый из которых представляет собой подзадачу относительно одной переменной. Применение информационной модели взаимодействия мероприятий подготовки позволит адаптировать планирование в соответствии с требованиями к подготовке войск (сил) и повысит эффективность использования финансовых и временных ресурсов при проведении подготовки.

Ключевые слова: методика адаптивного планирования, динамическое программирование.

METHOD OF ADAPTIVE PLANNING OF PREPARATION OF TROOPS (FORCES)

I.O. Romanenko, A.M. Tkachov, I.V. Ruban

The method of the adaptive planning of preparation of troops is considered (forces). The use of the dynamic programming allows to find the decision of multidimensional task of planning by its decoupling on a few stages, each of which is a subtask in relation to one variable. Application of informative model of co-operation of measures of preparation will allow to adapt planning in accordance with requirements to preparation of troops (forces) and will promote efficiency of the use of financial and temporal resources during the leadthrough of preparation.

Keywords: method of the adaptive planning, dynamic programming.