УДК 519.8:355.42

Д. А. Іщенко, В. А. Кирилюк, А. Л. Мельник, О. Л. Сидорчук, В. І. Шестаков

ПЛАНУВАННЯ ДІЙ МАЛИХ БОЙОВИХ ГРУП У СПЕЦІАЛЬНІЙ ОПЕРАЦІЇ УГРУПОВАННЯ ВІЙСЬК

У статті досліджено необхідність, можливість та доцільність удосконалення методів та способів планування застосування угруповань у сучасних умовах. Запропоновано декомпозицію бойового завдання на підмножини завдань та послідовні оптимізаційні алгоритми їх розподілу за виконавцями.

Постановка проблеми. На теперішній час до особливостей бойового застосування підрозділів (частин, з'єднань) сухопутних військ можна віднести: збільшення ступеня розосередження формувань на полі бою, ведення бойових дій з окремих, часто ізольованих напрямів за наявності значних розривів у бойових порядках і проміжків в оперативній побудові угруповань. Це ускладнює роботу щодо планування бойового застосування підрозділів (частин, з'єднань), а з іншого – дає можливість здобути перемогу шляхом завдання ударів силами зі складу малих бойових груп по вузлових об'єктах, які призведуть до зниження боєздатності противника. Особливо це стосується спеціальних операцій. Складність планування бойового застосування у вказаному випадку визначається збільшенням кількості виконавців (малих бойових груп), які мають різні бойові можливості щодо вирішення завдань за кожним конкретним об'єктом, що потребує впливу. Відповідно, актуальним є завдання створення підходу до оптимального планування діяльності малих бойових груп у спеціальній операції угруповань військ.

Огляд останніх досліджень і публікацій. Методам розв'язання даного класу задач приділялося багато уваги в монографіях і періодичній літературі [2 – 4, 8, 10, 11]. Підходи, пов'язані з побудовою лінійних і нелінійних цілочислових моделей, і використані методи математичного програмування для розв'язання задач даного класу достатньо великої розмірності, що викликає великий інтерес та потребує значних обсягів обчислень [7 – 9].

Найбільш широке розповсюдження отримали наближені методи розв'язання задач даного класу з використанням генераторів випадкових розкладів [7, 8, 13, 14], що використовують різні правила переваги [8 – 12, 14], евристичні підходи [6 – 10], а також генетичні алгоритми й еволюційні стратегії [5, 12].

Разом з тим, наявність жорстких обмежень на директивні терміни дій значно ускладнює розробку можливих варіантів (розкладів) виконання завдань та збільшує витрати часу й ресурсів на пошук раціонального (оптимального) за умови використання вказаних вище підходів. Таким чином, **завдання досліджень –** розробка методики визначення оптимального розподілу МБГ за об'єктами спеціальних (бойових) дій (спеціальної операції) – є актуальним.

Виклад основного матеріалу. Для вирішення поставленого завдання доцільно застосувати науковий метод, який використовує структуру завдання планування та дозволяє замінити його рішення розв'язанням послідовності дрібніших взаємопов'язаних завдань, що є більш простішими, – декомпозицію.

Як методологічний підхід до розробки даного актуального завдання розподілу множини бойових завдань між виконавцями та визначення оптимальних послідовностей їх виконання кожним в умовах втрат часу на перенацілювання та перехід від попереднього до наступного розглядається можливість застосування методу Ю. А. Зака [1], що забезпечується коректною постановкою завдання.

Прикладом актуалізації завдання планування в термінах теорії дослідження операції може бути така ситуація.

До складу міжвидового угруповання військ, яке готує та проводить операцію, входить K підрозділів (частин), різних за призначенням та, відповідно, озброєнням (відмінних за технічними характеристиками бойових одиниць). Для досягнення мети операції необхідно виконати N частинних бойових завдань, тобто провести N застосувань за цільовим призначенням K підрозділів (частин), а саме дій у різних, притаманних їм формах: боїв, бойових та спеціальних дій. Відповідно до бойового завдання старшого начальника проведено розрахунок часу та задано:

терміни (час) проведення цільових застосувань кожного з підрозділів (частин) для виконання частинного бойового завдання;

терміни (матриці) часу перенацілювання та переходу кожного підрозділу (частини) від одного бойового завдання до іншого;

часові ресурси (можливості) цільового використання підрозділів (частин) за військами та об'єктами противника;

часові обмеження на терміни завершення виконання кожного частинного бойового завдання.

Окреме завдання одночасно може виконуватися лише одним підрозділом, частиною (бойовою одиницею). При цьому необхідно визначити: які частинні завдання необхідно виконати кожному з підрозділів (частин), а також послідовності їх виконання з урахуванням усіх обмежень за часом. Крім того, при такому розподілі критерії оптимальності, наприклад, завершення виконання всіх бойових завдань у найбільш короткі терміни приймають мінімальне значення, яке відповідає вимогам старшого начальника.

Іншим прикладом актуалізації завдання планування може бути такий.

У розпорядженні командування є K підрозділів (груп), сформованих на базі військової частини спеціального призначення, розвідувального батальйону об'єднання, розвідувальних рот з'єднань, різних за рівнем матеріально-технічного забезпечення, оснащення та підготовленості, які повинні провести спеціальні дії (диверсійні, диверсійно-розвідувальні, протидиверсійні, допоміжні тощо) на N об'єктах у ході спеціальної операції. Задані (відомі) терміни, потрібні кожній групі для виконання всього обсягу дій, а також втрати часу на пересування групи від одного об'єкта до іншого. Потрібно при плануванні спеціальної операції визначити підмножину об'єктів дій для кожної групи, а також послідовність проведення цих підмножин застосування за призначенням, які забезпечують виконання всіх завдань у встановлені терміни.

Таким чином, вихідні дані для проведення планування діяльності малих бойових груп можуть бути подані у вигляді:

K – кількість малих бойових груп (МБГ) (груп спеціального призначення, диверсійно-розвідувальних груп), які є в розпорядженні командування;

N – кількість різних бойових (спеціальних) завдань, кожне з яких виконується без перерв однією МБГ;

$T_i, i = 1, ..., N$ — директивні терміни (строки) кожного із завдань;

$\overline{t}^k = \left(t_1^k, t_2^k, ..., t_i^k, ..., t_N^k\right), k = 1, ..., K$ — матриця термінів виконання завдань k-ю групою;

θ^k — найбільш ранні допустимі строки (терміни) початку виконання бойового (спеціального) завдання k-ї МБГ;

$A^k = \left|a_{ij}^k\right|$ при $i, j = 1, ..., N$ – матриці втрат часу при переході k-ї МБГ від виконання одного бойового (спеціального) завдання до наступного. На перетині i-го рядка та j-го стовпця даних матриць вписано втрати часу на перенацілювання (марш, підготовку) k-ї МБГ при переході від виконання i-го бойового (спеціального) завдання до j-го.

У нульовому рядку кожної матриці A^k задано проміжки часу переходу МБГ зі стану, у якому вона знаходиться на момент часу початку спеціальної операції, до об'єкта (режиму) виконання i-го бойового (спеціального) завдання. Елементи нульового стовпця визначають витрати часу на перехід k-ї МБГ після завершення j-го бойового (спеціального) завдання в режим відпочинку або повернення МБГ з об'єкта j-го бойового (спеціального) завдання на базу.

Необхідно знайти розподіл усієї множини бойових (спеціальних) завдань за МБГ, а також визначити послідовність усіх призначень кожної групи бойових (спеціальних) завдань, яка забезпечує виконання всіх обмежень на встановлені строки (терміни) їх виконання T_i, та мінімізувати час завершення бойових (спеціальних) завдань (операції в цілому) (критерій оптимальності F_1).

За другий критерій оптимальності F_2 може бути обрано мінімальний середньозважений час бойових (спеціальних) дій МБГ, необхідний для виконання всіх бойових (спеціальних) завдань спеціальної операції.

Побудуємо матрицю $B^k = \left|b_{ij}^k\right|$ для $i, j = 1, ..., N$, $k = 1, ..., K$ сумарних витрат часу на виконання завдань кожною МБГ, яка враховує час виконання бойових (спеціальних) завдань, а також втрати часу на перенацілювання. Елементи цієї матриці визначаються за формулами:

$$b_{ij}^k = t_j^k + a_{ij}^k \ \text{при} \ i, j = 0, 1, ..., N, \ k = 1, ..., K . \qquad (1)$$

Визначимо також

$$\overline{b}_i^{k,min} = \min_{0 \le j \le N} b_{ij}^k, \quad i = 0, 1, ..., N; \ k = 1, ..., K . \qquad (2)$$

Побудуємо допоміжну матрицю $\mathbf{B} = \left|\beta_{ij}\right|$, при $i, j = 0, 1, ..., N,$ елементи якої визначають згідно з виразом

$$\beta_{ij} = \min_{1 \le k \le K} b_{ij}^k \ \text{при} \ i, j = 0, \ 1, ..., N \ . \qquad (3)$$

З урахуванням часу перенацілювання та підготовчих заходів кожне i-е з бойових (спеціальних) завдань k-ю МБГ не може бути завершене раніше за час $\bar{b}_i^{k,min}$, тобто не раніше, ніж після проміжку часу b_{ij}^k після завершення виконання завдання, яке стоїть у послідовності перед ним, а будь-якою МБГ з множини тих, що є у розпорядженні, – за час β_{ij}.

Знайдемо мінімальне значення елементів кожного стовпця матриці $B = \left|\beta_{ij}\right|$:

$$\beta_j^{min} = \min_{0 \le i \le N} \beta_{ij}, \quad j = 0, 1, ..., N \ . \tag{4}$$

Упорядкуємо всю множину бойових (спеціальних) завдань, які потрібно виконати $\tilde{I} = \{1, 2, ..., i, N\}$, у незростаючому порядку граничних термінів завершення їх виконання:

$$\tilde{U}_1 = \left\{ i_1, i_2, ..., i_N \left| T_{i_1} \le T_{i_2} \le ... \le T_{i_N} \right. \right\}. \tag{5}$$

Введемо булеві змінні $x_i^k : x_i^k = 1$, якщо i-е завдання виконує k-а МБГ, та $x_i^k = 0$ – у протилежному випадку. Оскільки кожне із завдань може виконуватись лише однією МБГ, то справедливе обмеження

$$\sum_{k=1}^{K} x_i^k = 1, \quad i = 1, ..., N \ . \tag{6}$$

Нехай визначено підмножину завдань, що виконує k-а МБГ – $\tilde{J}^k = \left\{ i_1^k, i_2^k, ..., i_N^k \right\}$.

Необхідно розглянути послідовність виконання цих завдань у порядку незбільшення граничного часу їх завершення:

$$\tilde{U}_1^k = \left\{ j_1^k, j_2^k, ..., j_N^k \left| T_{j_1^k} \le T_{j_1^k} \le ... \le T_{j_N^k} \right. \right\}. \tag{7}$$

Для подальшого дослідження інтерпретуємо твердження, надані в [1].

Твердження 1. Якщо не виконується хоча б одна з нерівностей системи

$$\theta^k + \sum_{l=1}^{r} \beta_{j_i^k}^{min} \le T_{j_r^k}, \quad r = j_1^k, j_2^k, ..., j_N^k \ , \tag{8}$$

то не існує додаткових розкладів виконання даного комплексу завдань для k-ї МБГ.

Якщо виявлено підмножини $\tilde{J}^k$ і побудовано послідовності $\tilde{U}_1^k$ для усіх МБГ $k = 1, ..., K$, то справедливе твердження 2.

Твердження 2. Якщо хоча б для одного з індексів $k = 1, ..., K$ не виконується хоча б одна з нерівностей системи (8), то для даного розподілу завдань за $\tilde{J}^k$ МБГ $k = 1, ..., K$ не існує допустимих розкладів виконання усіх завдань у встановлені обмежені строки.

Розподіл завдань за МБГ і виконання їх кожною з них у послідовності незростання граничних термінів їх завершення (послідовності (5)) доцільно сформулювати у вигляді такої задачі булевого програмування:

$$x_{i_l}^k = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases}, l = 1, ..., N; \; k = 1, ..., K \;, \tag{9}$$

$$\sum_{k=1}^{K} x_{i_l}^k = 1 \,, l = 1, ..., N \,, \tag{10}$$

$$\theta^k + \sum_{l=1}^{r} \beta_{il}^{min} x_{i_l}^k \le T_{i_l} \,, r = 1, ..., N, k = 1, ..., K \;, \tag{11}$$

$$\theta^k + \sum_{l=1}^{r} \overline{b}_{il}^{k,\,min} x_{i_l}^k \le T_{i_l} \,, r = 1, ..., N, k = 1, ..., K \;. \tag{12}$$

Твердження 3. Якщо не виконується система нерівностей (9)–(11) або (9), (10), (12), то система обмежень задачі є несумісною.

У разі прийняття вказаних тверджень алгоритм розв’язання завдання може бути визначений таким чином.

Упорядкуємо множину завдань $\tilde{I}$, що підлягають виконанню, у послідовність $\tilde{U}_1$, тобто у порядку збільшення граничного часу їх завершення відповідно до виразу (5). Розрахуємо значення величини $b_{i_j}^k$, $\overline{b}_i^{k,min}$ та β_{i_j} за формулам (1)–(2). Сформулюємо і розв’яжемо методом послідовного аналізу та відсіву неприпустимих варіантів систему нерівностей (9), (10), (12) відносно булевих змінних $x_{i_j}^k$. Якщо така система нерівностей несумісна, то не існує розкладів, що забезпечують виконання всієї системи обмежень задачі, і алгоритм з цим повідомленням завершує свою роботу. Якщо сформульована задача великого розміру і потребує значних обсягів обчислень, то вона може бути розв’язана для частини послідовності, що налічує $N_1 < N$ членів. Розв’язок даної задачі дасть більш грубу оцінку сумісності обмежень, оскільки враховує тільки перші N_1 члени послідовності $\tilde{U}_1$. Якщо отримано розв’язок системи лінійних нерівностей, то може бути оцінена мінімальна довжина розкладу виконання задач. Більш точну оцінку значення нижньої межі середньоквадратичного часу роботи МБГ отримаємо в результаті розв’язку задачі (9), (10), (12).

Перевірка ефективності запропонованого алгоритму була здійснена шляхом математичного моделювання. Вихідні дані:

кількість малих бойових груп $K = 3$;

кількість бойових завдань $N = 9$;

матриці термінів виконання кожного із завдань для кожної МБГ (діб):

$$\overline{t}^1 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 1{,}5 & 4 & 2{,}5 & 3{,}5 & 5 & 4{,}5 \end{pmatrix},$$

$$\overline{t}^2 = \begin{pmatrix} 1{,}5 & 3 & 2 & 4 & 2{,}5 & 3{,}5 & 1 & 4{,}5 & 5 \end{pmatrix},$$

$$\overline{t}^3 = \begin{pmatrix} 3 & 4 & 1 & 2 & 3{,}5 & 4{,}5 & 1{,}5 & 5 & 2{,}5 \end{pmatrix};$$

матриці витрат часу при переході k-ї МБГ від виконання одного бойового (спеціального) завдання до другого:

$$A^1 = \begin{pmatrix} 0 & 0,5 & 1 & 0,25 & 2 & 3 & 1 & 0,5 & 0,25 \\ 0,5 & 0 & 0,5 & 1 & 0,5 & 2 & 2 & 1 & 0.5 \\ 1 & 0,5 & 0 & 0,5 & 0,5 & 1 & 3 & 1,5 & 1 \\ 0,25 & 1 & 0,5 & 0 & 1 & 2 & 3 & 2 & 1,5 \\ 2 & 0,5 & 0,5 & 1 & 0 & 3 & 2 & 2,5 & 2 \\ 3 & 2 & 1 & 2 & 3 & 0 & 1 & 3 & 2,5 \\ 1 & 2 & 3 & 3 & 2 & 1 & 0 & 0,5 & 3 \\ 0,5 & 1 & 1,5 & 2 & 2,5 & 3 & 0,5 & 0 & 1 \\ 0,25 & 0,5 & 1 & 1,5 & 2 & 2,5 & 3 & 1 & 0 \end{pmatrix},$$

$$A^2 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1,5 & 2 & 2,5 & 3 & 0,25 & 0,5 & 1 \\ 1 & 0 & 0,5 & 1 & 3 & 2 & 1 & 0,5 & 0,25 \\ 1,5 & 0,5 & 0 & 0,25 & 0,5 & 1 & 1,5 & 2 & 3 \\ 2 & 1 & 0,25 & 0 & 0,25 & 0,5 & 3 & 2 & 1 \\ 2,5 & 3 & 0,5 & 0,25 & 0 & 1 & 2 & 3 & 0,5 \\ 3 & 2 & 1 & 0,5 & 1 & 0 & 1 & 2 & 3 \\ 0,25 & 1 & 1,5 & 3 & 2 & 1 & 0 & 0,5 & 2 \\ 0,5 & 0,5 & 2 & 2 & 3 & 2 & 0,5 & 0 & 1 \\ 1 & 0,25 & 3 & 1 & 0,5 & 3 & 2 & 1 & 0 \end{pmatrix},$$

$$A^3 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1,5 & 2 & 2,5 & 3 & 0,25 & 0,5 & 1 \\ 1 & 0 & 0,5 & 1 & 3 & 2 & 1 & 0,5 & 0,25 \\ 1,5 & 0,5 & 0 & 0,25 & 0.5, & 1 & 1,5 & 2 & 3 \\ 2 & 1 & 0,25 & 0 & 0,25 & 0,5 & 3 & 2 & 1 \\ 2,5 & 3 & 0,5 & 0,25 & 0 & 1 & 2 & 3 & 0,5 \\ 3 & 2 & 1 & 0,5 & 1 & 0 & 1 & 2 & 3 \\ 0,25 & 1 & 1,5 & 3 & 2 & 1 & 0 & 0,5 & 2 \\ 0,5 & 0,5 & 2 & 2 & 3 & 2 & 0,5 & 0 & 1 \\ 1 & 0,25 & 3 & 1 & 0,5 & 3 & 2 & 1 & 0 \end{pmatrix}.$$

Обрано припущення, що кожна група виходить у район виконання першого завдання до початку операції. Це дозволяє не визначати найбільш ранні припустимі строки початку виконання бойового завдання кожною групою. Крім того, не визначено директивні терміни виконання кожного завдання, при цьому вважається, що всі вони мають бути виконані за час операції, який становить $T_{max} = 12$ *діб*.

Застосування запропонованого алгоритму дало змогу скласти план використання малих груп, який подано у вигляді множин:

$$\tilde{J}^1 = \{1, 4, 6\},\ T_1 = 7,25\ \textit{доби;}$$

$$\tilde{J}^2 = \{7, 2, 8\},\ T_2 = 10\ \textit{діб;}$$

$$\tilde{J}^3 = \{3, 9, 5\},\ T_3 = 8{,}75\ \textit{доби}\ .$$

Відповідно до результатів час виконання всіх поставлених завдань з використанням трьох МГБ становить 10 діб, що менше за максимально допустимий $T_{max} = 12\ \textit{діб}$.

З метою перевірки отриманого розв’язку було здійснено розрахунки витрат часу в разі інших планів застосування малих груп, результати яких наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Розрахунок часу на виконання всіх завдань різним складом МБГ

$\tilde{J}^1$	$\tilde{J}^2$	$\tilde{J}^3$	T (діб)
1 – 9	0	0	35
0	1 – 9	0	35
0	0	1 – 9	40,5
1, 4, 6	7, 2, 8	3, 9, 5	10

Аналіз отриманих результатів свідчить, що запропонований алгоритм дозволяє в автоматизованому режимі проводити оперативно-тактичні розрахунки планування дій множини МБГ за множиною об’єктів (районів) впливу та формувати пропозиції щодо оптимального їх використання.

Висновок. У статті запропоновано методику визначення оптимального розподілу МБГ за об’єктами спеціальних (бойових) дій (спеціальної операції) шляхом декомпозиції всієї множини бойових завдань спеціальної операції в умовах обмежень на директивні терміни дій. Зважаючи на те, що такий розподіл на підмножини бойових завдань спеціальних дій, які не збігаються, значно ускладнює розробку можливих варіантів (розкладів) виконання завдань та збільшує витрати часу й ресурсів на пошук найбільш раціонального (оптимального), запропоновано послідовні алгоритми оптимізації для вирішення завдання розподілу задач за виконавцями. Надано формальний опис алгоритму вирішення вказаного завдання. Отримані результати можуть бути використані при розробленні математичного та програмного забезпечення в автоматизованих системах управління військами.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Зак Ю. А. Разбиение на подмножества и построение допустимых и оптимальных последовательностей выполнения множества заданий на нескольких машинах / Ю. А. Зак // Системні дослідження та інформаційні технології. – К. : Інститут прикладних систем аналізу НТУУ «КПІ» МОН та НАН України, 2012. – Вип. 2. – С. 87–101.
2. Танаев В. С. Введение в теорию расписаний / В. С. Танаев, В. С. Шкурба. – М. : Наука, 1975. – 256 с.
3. Танаев В. С. Теория расписаний. Групповые технологии / В. С. Танаев, М. Я. Ковалев, Я. М. Шафранский. – Минск : ИТК НАН Беларуси, 1998. – 289 с.
4. Конвей Р. В. Теория расписаний / Р. В. Конвей, В. Л. Максвелл, Л. В. Миллер. – М. : Наука, 1975. – 360 с.

5. Курейчик В. М. Генетические алгоритмы : монография / В. М. Курейчик. – Таганрог : Изд. ТРТУ, 1998. – 242 с.
6. Батищев Д. И. Метод комбинирования эвристик для решения комбинированных задач упорядочения и распределения ресурсов / Д. И. Батищев, Э. Д. Гудман, И. П. Норенков // Информационные технологии. – 1997. – № 2. – С. 29–32.
7. Pinedo M. Scheduling: Theory, Algorithms and Systems / M. Pinedo. – Berlin-Heidelberg : Springer-Verlag, 1999. – 671 p.
8. Brucher P. Scheduling algorithms / P. Brucher. – Berlin : Springer-Verlag, 2007. – 371 p.
9. Blazewicz J. The job shop scheduling problem: Conventional and new solution techniques / J. Blazewicz, W. Domschke, E. Pesch // European Journal of Operation Research. – 1996. – Vol. 93. – P. 1–33.
10. Herrmann J. Supply Chain Scheduling. Transaktionskostentheorie; ParalleleMaschinen; Heuristik; Optimierungsmodelle / J. Herrmann. – Berlin-Heidelberg : Gabler Verlag, 2010. – 162 p.
11. Blazewicz J. Scheduling Computer and Manufacturing Processes / J. Blazewicz, K. N. Ecker, E. Pesch. – Berlin-Heidelberg : Springer-Verlag, 2001. – 485 p.
12. Szelke E. Artificial Intelligence in Reactive Scheduling / E. Szelke, R. M. Kerr. – London : Chapman & Hall, 1995. – 164 p.
13. Зак Ю. А. Определение порядка выполнения независимых операций на параллельных машинах / Ю. А. Зак // Изв. АН СССР. Техническая кибернетика. – 1969. – № 2. – С. 15–20.
14. Зак Ю. А. Решение обобщенной проблемы Джонсона с ограничениями на сроки выполнения заданий и времена работы машин. Ч. 1. Точные методы решения / Ю. А. Зак // Проблемы управления. – 2010. – № 4. – С. 12–19.
15. Зак Ю. А. Оптимизация планирования производства и раскроя бумажной продукции / Ю. А. Зак // Управляющие системы и машины. – 2010. – № 5. – С. 82–93.

Подано 14.08.13

Д. А. Ищенко, В. А. Кирилюк, О. Л. Сидорчук, А. Л. Мельник, В. И. Шестаков

ПЛАНИРОВАНИЕ ДЕЙСТВИЙ МАЛЫХ БОЕВЫХ ГРУПП В СПЕЦИАЛЬНОЙ ОПЕРАЦИИ ГРУППИРОВКИ ВОЙСК

Исследованы необходимость, возможность и целесообразность совершенствования методов и способов планирования применения группировок в современных условиях. Предложена декомпозиция боевого задания на подмножества задач и последовательные оптимизационные алгоритмы их распределения по исполнителям.

D. Ishshenko, V. Kirilyuk, O. Sidorchuk, A. Melnik, V. Shestakov

PLANNING PROBLEM OF COMBAT GROUPS' ACTIVITIES IN THE SPECIAL OPERATION OF BIND TROOPS

Need, opportunity and expediency of improvement of methods and ways of planning of application of groups for modern conditions are investigated. It is offered decomposition of a fighting task for subsets of tasks and consecutive optimizing algorithms of their distribution on performers.