

УДК 004.89

В.В. Литвин¹, Д.І. Угрин², С.Ф. Шевчук², О.Д. Іл'юк²¹ Національний університет «Львівська політехніка», Львів² Чернівецький факультет Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Чернівці

РОЗРОБКА МЕТОДУ РОЗРАХУНКУ БЕЗПЕЧНИХ ДІЛЯНОК ІЗ ВОГНЕВИМ ПОТЕНЦІАЛОМ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ АЛГОРИТМУ РОЮ ЧАСТОК

Запропоновано метод розрахунку безпечних ділянок із вогневим потенціалом, використовуючи алгоритм рою часток. Розроблено математичну модель методу розрахунку ділянок із вогневим потенціалом. Досліджено ефективність виконання методу на моделі ділянки з небезпечними об'єктами і потенційною загрозою ураження. Тестування запропонованого методу виконується на базі технічних характеристик суб'єктів дослідження.

Ключові слова: алгоритм рою часток, вогневий потенціал, суб'єкти дослідження, технічні характеристики.

Вступ

Постановка проблеми. Сьогодні дуже стрімко розвивається наука про балістику, зокрема і розрахунок траєкторії польоту снарядів різного типу. На практиці снаряди, які мають властивість розсіюватись у польоті чи при зіткненні, мають більшу площу ураження, ніж поодинокі снаряди. Можна зробити висновок, що такі снаряди мають більший вогневий потенціал і несуть більшу небезпеку.

Тому вивчення питання про уникнення зіткнення із такими снарядами, а також пошук безпечної ділянки, з якої можна здійснювати вогонь у відповідь, є актуальним. Пошук безпечної ділянки – багатоетапний процес. На даний процес впливають такі фактори як: оцінка ураженої ділянки, тип снарядів, площа ураження, час польоту і т.п.

У зв'язку з цим існують різні способи розрахунку траєкторії польоту снарядів шляхом побудови математичних моделей різних ситуацій, враховуючи технічні характеристики зброї, з якої ведеться вогонь. Також даним питанням займаються і науковці інформаційних технологій. Використовуючи ройові алгоритми, можна досягнути більш кращого результату. Тобто не тільки розрахувати траєкторію польоту, область ураження і вогневий потенціал зброї, а й знайти безпечну ділянку, яка матиме вогневий потенціал і вищий рівень безпеки.

Об'єктом даного дослідження є процес пошуку безпечної ділянки із вогневим потенціалом використовуючи алгоритм рою часток. Одним із найбільш проблемних місць в даному процесі є визначення безпечної позиції із вогневим потенціалом на площі ураження. Це пов'язано із тим, що існує похибка

при розрахунку розсіювання снарядів по площі. Тому важливим етапом при розробці даного методу буде процес розрахунку похибки польоту снаряду, розсіювання снаряду і також, безпосередньо, швидкість польоту снаряду. Причиною виникнення проблеми є відсутність можливості проведення моделювання ситуації в реальному житті. Проводився технічний аудит для того, щоб визначити наступні параметри процесу:

1. Визначення типу снаряду.
2. Дальність польоту.
3. Швидкість польоту.
4. Траєкторія польоту.
5. Швидкість розсіювання снаряду.
6. Площа розсіювання снаряду.

Дослідження проводилося на базі програмного забезпечення математичного моделювання Graph для того, щоб змоделювати процес пошуку безпечної ділянки. Технічна модель і порядок дій 1–16 процесу зображені на рис. 1.

Враховуючи усі вище перелічені вхідні дані, що необхідні для розрахунку позиції безпечної ділянки, можна встановити наступні кроки розробки методу:

1. Визначити похибки напряму, дальності, траєкторії польоту снаряду.
2. Розрахувати площу ураження снарядом за поточною позицією.
3. Моделювання безпечної позиції із врахуванням похибки ураження.

Виконавши основні кроки, можна підвищити ефективність виконання процесу пошуку безпечної ділянки та розрахувати вогневий потенціал такої позиції за допомогою алгоритму рою часток.

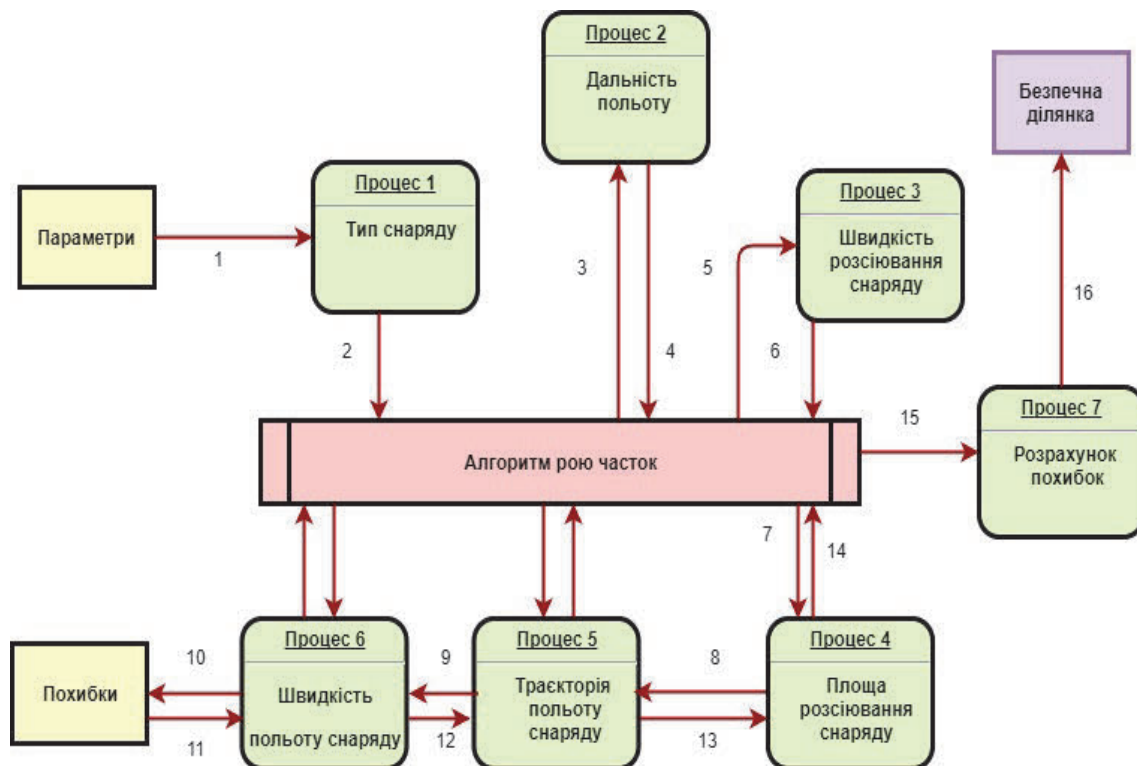


Рис. 1. Технічна модель процесу пошуку безпечної ділянки із вогневим потенціалом

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

У ході розробки методів розрахунку траєкторії польоту снарядів значна увага приділяється питанням їх технічних характеристик. Найбільше впливає на траєкторію польоту снаряду швидкість та опір повітря, тобто фізична взаємодія погодних умов до снаряду. Основний метод вивчення та визначення даного впливу базується на вимірюванні поетапного моделювання початкової ділянки, а саме позиції запуску снаряду і швидкості його польоту. Отримані дані такого дослідження можна побачити у роботах [1–3].

Перевагами методу визначення фізичного впливу погодних умов до технічних характеристик снаряду і швидкості його польоту є можливість досліджувати швидкість і траєкторію польоту снаряду у натуральну величину. Але він має ряд недоліків:

1. При малих величинах снаряд має значну похибку розсіювання, враховуючи, що опір повітря і траєкторія польоту збільшується пропорційно до дальності польоту.

2. Необхідність проводити багатократне моделювання пострілів через наявність великої величини похибки.

3. Необхідність мати обладнання для проведення моделювання пропонованого методу.

Вхідними даними такого процесу є обмеження, оскільки не враховуються похибки дальності польоту та зони ураження. Для отримання результатів необхідне багатократне моделювання, так як враховується тільки похибка траєкторії снаряду.

Перспективним напрямом визначення розрахунку польоту траєкторії снарядів є метод апроксима-

ції її функціями, які описуються аналітичними виразами на основі даних проведених експериментів. Проте такий підхід в кінцевому результаті може надавати досить точні дані про позиції, координати снаряду тощо. Апроксимуюча функція обчислюється на базі пропонованих даних попередньою розвідкою координат позиції вогневої потужності ворога, в той час коли існує потенційна можливість розрахунку позиції ворога за технічними характеристиками зони ураження.

Формулювання мети статті. Мета дослідження – розробити метод пошуку безпечної ділянки в області із небезпечними об'єктами і потенційними загрозами ураження, яка матиме вогневий потенціал і вищий рівень безпеки на даній ділянці.

Для досягнення поставленої мети необхідно:

1. Проаналізувати існуючі рішення питання і виявити проблемні аспекти дослідження.

2. Розробити математичну модель пошуку безпечної ділянки методом рою часток.

3. Розрахувати технічні характеристики суб'єктів дослідження та їх вогневий потенціал.

4. Протестувати розроблений метод на моделі ділянки із потенційними загрозами ураження.

Виклад основного матеріалу

Проведення дослідження, яке включає в себе багатоступінний процес розрахунку позиції безпечної ділянки, є досить трудомістким. Для того, щоб виконати поставлені цілі, потрібно використати метод рою часток і побудувати багатокритеріальну задачу.

Алгоритм рою часток імітує принцип роботи рою бджіл, які досліджують певну область у пошуку їжі [4–7]. В процесі пошуку бджоли обмінюються інформацією, в результаті чого весь рій збирається у найбільшому місці скупчення їжі.

Імітація поведінки рою часток дозволяє скласти простий та інтуїтивно зрозумілий алгоритм, що зображений на рис. 2.

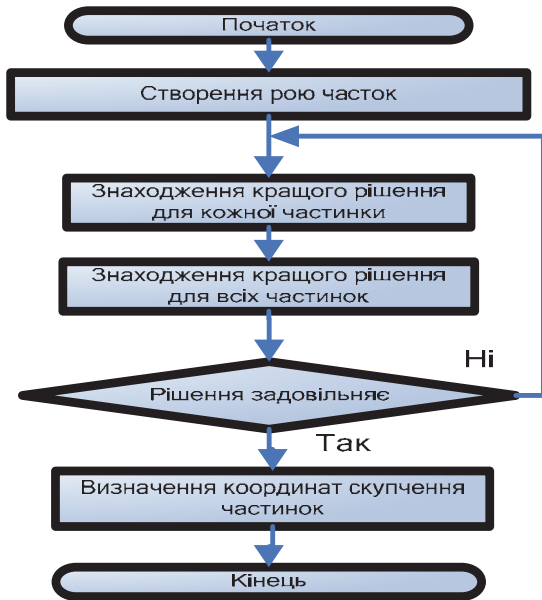


Рис. 2. Алгоритм рою часток

Особливість даного алгоритму в тому, що участь кінцевої кількості частинок в процесі пошуку, а також обмін інформації між ними гарантують захищеність алгоритму від передчасного «зависання» у локальних екстремумах [8].

Метод рою часток є ідеально пристосованим алгоритмом до рішення задач із параметрами, які постійно змінюються [9–10]. Це робить його привабливим для рішення задач такого типу.

Метод рою часток визначатиме технічну характеристику зони ураження, а саме потенційну загрозу враховуючи похибки ураження. За рахунок особливості даного алгоритму охоплювати велику площу, на якій здійснюються розрахунки по критеріям, можна отримати якісні характеристики суб'єктів площі ураження. Суб'єктами площі ураження можуть бути розсіюванні снаряди, похибка потенційного ураження, тобто повторного прострілу позицій.

Після того як визначені усі суб'єкти площі ураження, можна будувати багатокритеріальну задачу на їх основі. Потрібно сформувати базис вхідних даних процесу. Вхідними даними процесу являються:

1. Швидкість польоту снаряду.
2. Траєкторія польоту снаряду.
3. Площа розсіювання снаряду.

Враховуючи вище перелічені дані, можна визначити дальність польоту снаряду і як наслідок всіх

розрахунків – позицію прострілу. Як результат отримаємо багатокритеріальну задачу, що побудована на основі вхідних даних із необхідністю отримання кінцевого результату – координат позиції ворога.

Основними характеристиками процесу пошуку безпечної позиції $M(X)$ із вогневим потенціалом є наступними:

1. Розрахунок величини середньостатистичного прострілу:

$$M(X) \approx \frac{\sum_1^n x_i}{n},$$

де x_i – результат i -го випробування, а n – кількість усіх випробувань.

2. Координати точок падіння снарядів визначаються у наступній системі координат:

$$M_1 \approx \frac{\sum_1^n x_i}{n}; M_2 \approx \frac{\sum_1^n z_i}{n},$$

де x_i і z_i – координати снарядів.

3. Похибка розрахунку вхідних даних та розрахунок середнього відхилення снаряду E розраховується за наступною формулою:

$$E_x = \sqrt{\frac{\sum_1^n (x_i - M_1)^2}{n-1}}; E_z = \sqrt{\frac{\sum_1^n (z_i - M_2)^2}{n-1}}.$$

Проведення результатів прострілів за нормальних умов буде виконуватись наступним чином:

1. Розрахунок поправок вхідних даних суб'єктів процесу.
2. Розрахунок зміни середнього значення дальності прострілу, що змінюються за рахунок зміни похибки.

Алгоритм проведення результатів прострілів позицій за нормальних умов зображений на рис. 3.

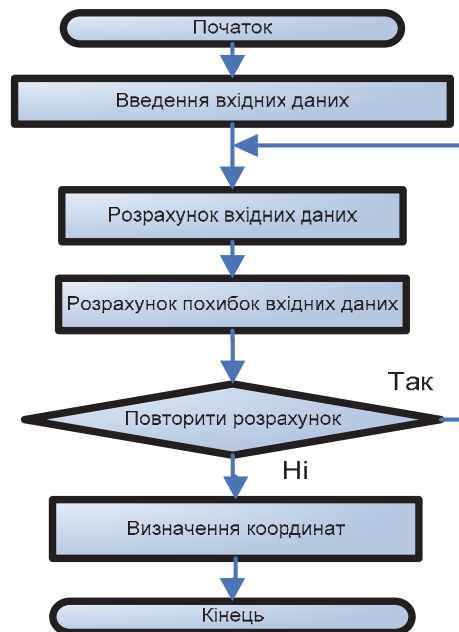


Рис. 3. Алгоритм розрахунку координат позиції прострілів

На початковому етапі введені розрахунки, зображені на рис. 4, виглядають наступним чином:

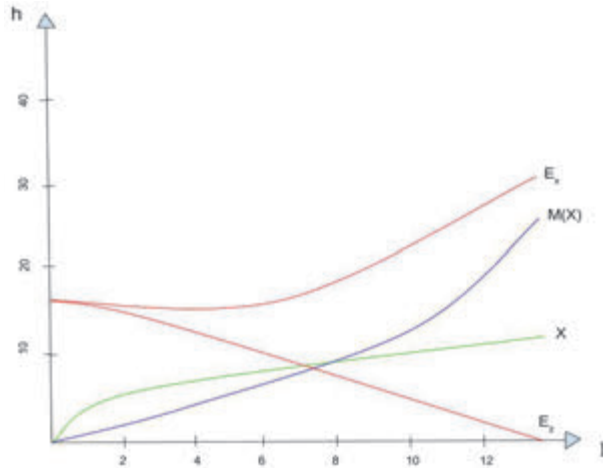


Рис. 4. Початкові характеристики суб'єктів процесу розрахунку координат позиції прострілу

Після розрахунку похибки траєкторії польоту снаряду і середнього відхилення від початкової позиції отримуємо наступну кінцеву модель потенційної позиції початкового прострілу, зображену на рис. 5:

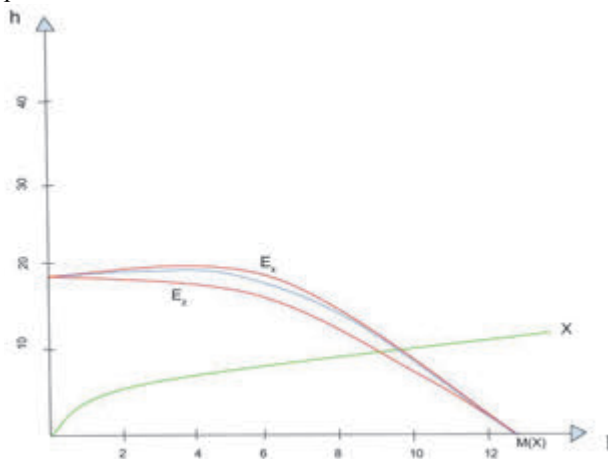


Рис. 5. Кінцева модель розрахунку координат прострілу

Можна побачити, що змінилася відстань від початкової зони ураження за рахунок визначення похибки, яка містила в собі характеристики суб'єктів процесу.

Безпечна позиція, як кінцевий результат запропонованого методу, є відхиленням позиції початкового прострілу на отриману похибку. Така величина вважається безпечною позицією.

Для того, щоб визначити чи дана позиція має вогневий потенціал, потрібно розрахувати величину поправок руху снаряду за нормальних умов.

Процес розрахунку величини поправок відбувається на основі вираховування наступних параметрів:

1. Сила вітру δW .
2. Тиск повітря δH .
3. Температура повітря δT .
4. Початкова швидкість δV_0 .
5. Температура заряду δT_0 .
6. Маса заряду δq .

Таким чином, основними поправними елементами, які враховуються при визначенні дальності польоту, є:

$$\frac{\delta X}{\delta E_i} = \left\{ \frac{\delta X}{\delta W}, \frac{\delta X}{\delta H}, \frac{\delta X}{\delta T}, \frac{\delta X}{\delta V_0}, \frac{\delta X}{\delta T_0}, \frac{\delta X}{\delta q} \right\},$$

де $\frac{\delta X}{\delta E_i}$ – відповідні поправкові коефіцієнти на силу

вітру, тиск повітря, температуру повітря, початкову швидкість, температуру заряду, масу заряду. Параметр δX – коефіцієнт позиції снаряду, а δE_i – коефіцієнт середнього відхилення.

Під нормальними умовами при моделюванні будемо розуміти:

1. Вогнева позиція та ціль, що розміщена на одній висоті.
2. Температура заряду нормальна (вище 0 градусів).
3. Артилерійський розподіл температури повітря з висотою.
4. Швидкість вітру на всіх висотах дорівнює нулю.

Поправки суб'єктів процесу здійснюються на прикладі гаубиці 152мм із розсіювальним снарядом ОФ-29. Розрахунки величини поправок суб'єктів процесу шляхом використання ройового алгоритму рою часток наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Початкові дані процесу моделювання

X	Випробування перше					
	2000	3000	4000	5000	6000	7000
δX_T	24	28	32	36	40	44
δX_H	7	13	19	25	31	37
δX_{T_0}	13	27	54	111	165	213
δX_W	12	44	90	151	198	233
δX_q	2	0	-2	-5	-8	-10

Після проведення розрахунку похибки отримуємо наступні параметри вогневого потенціалу суб'єктів процесу визначення безпечної позиції (табл. 2):

Таблиця 2

Отримані дані процесу моделювання

X	Випробування друге					
δX	2000	3000	4000	5000	6000	7000
δX_T	13	15	17	22	28	36
δX_H	3	8	13	18	23	28
δX_{T_0}	25	51	77	114	133	171
δX_W	42	86	144	200	255	298
δX_q	4	3	2	0	0	0

В даному процесі моделювання вогневий потенціал відповідає технічним характеристикам безпечної позиції за рахунок побудованої багатокритеріальної задачі. Модель містить в собі такі критерії як: сила вітру, тиск повітря, температура повітря, початкова швидкість, температура заряду і маса заряду. Враховуючи похибку усіх параметрів процесу можна зробити висновок, що при наступному пострілі

показники похибки стали меншими, що зумовлює більш точний результат.

У програмі 3D моделювання Triang було побудовано модель місцевості із небезпечною зоною на якій, згідно методу, було знайдено безпечну ділянку. Повна карта експериментальної місцевості зображена на рис. 6.

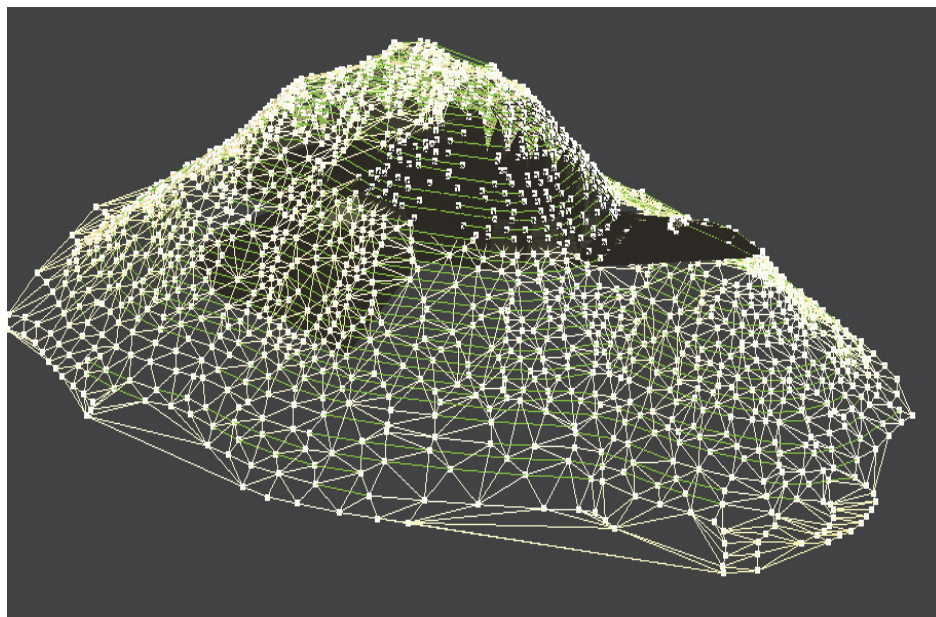


Рис. 6. Повна карта місцевості

Можна побачити сітку місцевості, на якій точки – це частинки рою, які містять в собі інформацію (параметри, критерії). Чорним кольором позначена область, яка прострілюється, тобто небезпечна ділянка. Сітка білого кольору – це початкова позиція частинок, а сітка зеленого кольору позначає похибку і служить областю для маневрів.

На рис. 7 можна побачити, що відбулося скупчення частинок, тобто пропонується безпечна ділянка.

Чим ближче до кінця зони ураження, тим похибка стає більшою і відстань між частинками також. Це пояснюється тим, що параметри алгоритму

були задоволені і потреби у повторному пошуку рішення та скупченні частинок немає.

Висновки

Встановлено, що процес моделювання розрахунку вогневого потенціалу безпечної позиції, а також її пошук потребує постановки багатокритеріальної задачі. Враховуючи розсіювання снаряду, в даному випадку, область ураження, необхідно визначити величину похибки для того, щоб знайти безпечну ділянку, з якої можна вести вогонь у відповідь.

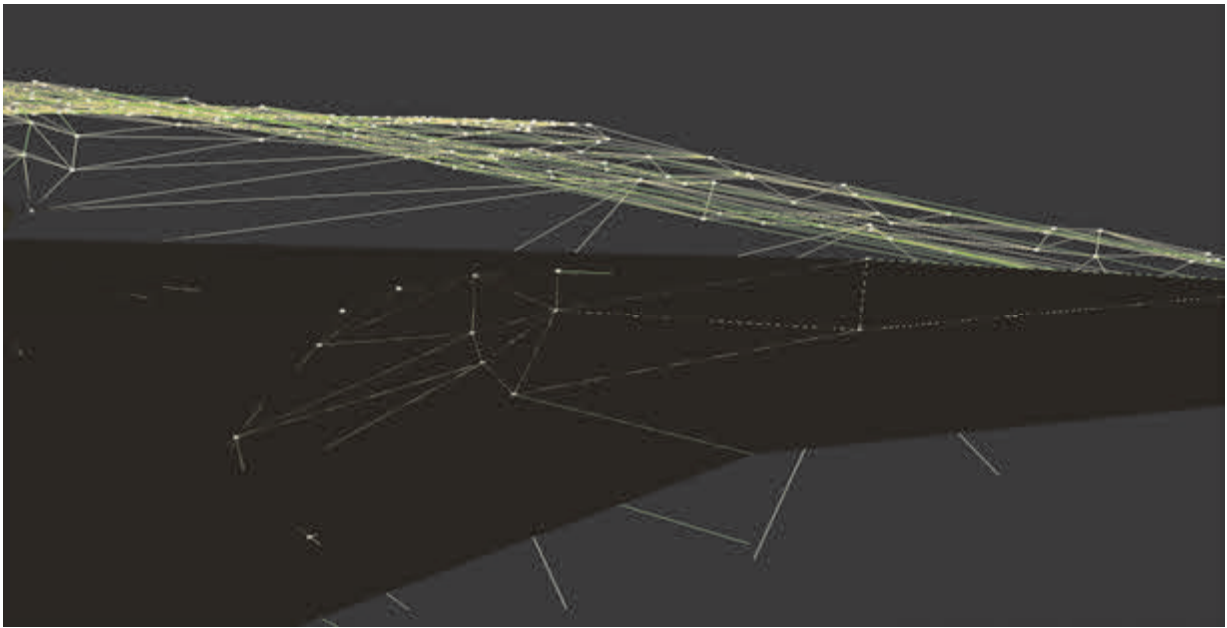


Рис. 7. Безпечна ділянка на карті місцевості

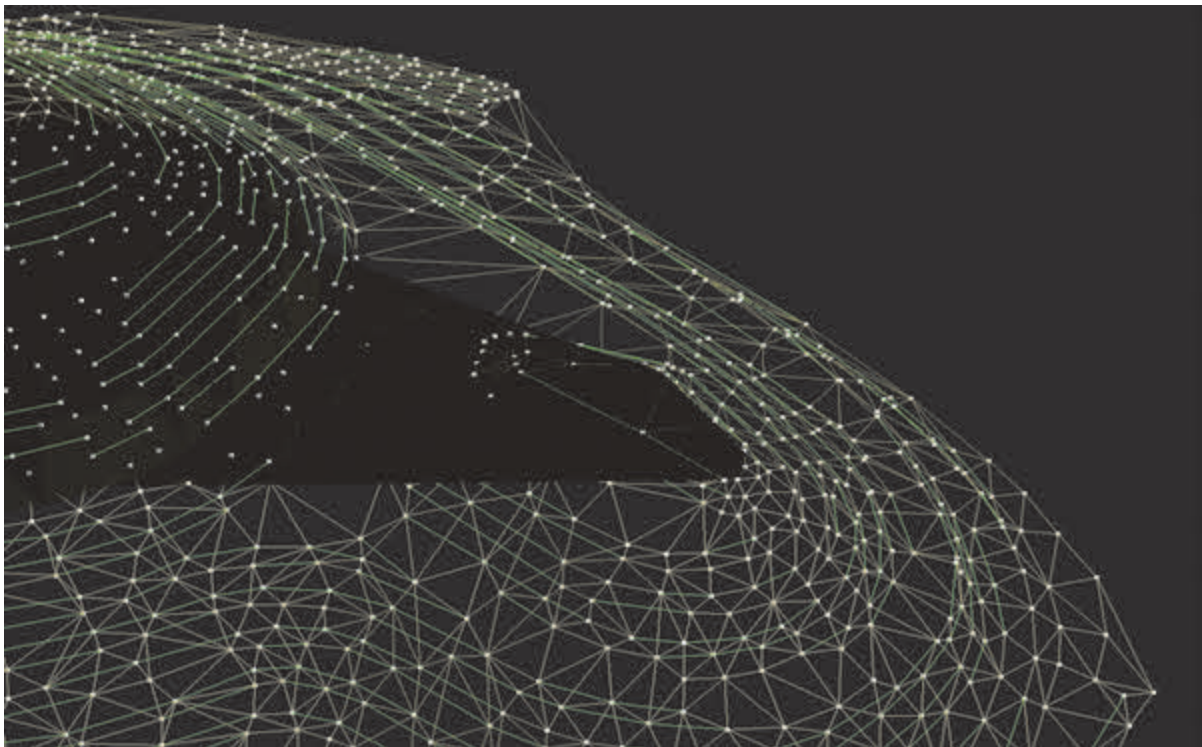


Рис. 8. Похибка безпечної позиції на карті місцевості

Характеристики області ураження визначаються за допомогою ройового алгоритму рою часток. Даний алгоритм дозволяє ефективно та точно

вирахувати усі параметри області ураження та знайти похибку (відстань) від початкової позиції до безпечної позиції із вогневим потенціалом.

Список літератури

1. Аржаников Н.С. Аэродинамика летательных аппаратов / Н.С. Аржаников, Г.С. Садекова. – М.: Высшая школа, 1983. – 359 с.
2. Теоретические основы стрельбы наземной артиллерии: под ред. А.С. Круковского. – М.: Министерство обороны СССР, 1976. – 345 с.
3. Аэродинамика баллистического полета / Ю.М. Липницкий, А.В. Красильников, А.Н. Покровский, В.Н. Шманенков; под ред. Ю.М. Липницкого. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 176 с.

4. Kaveh A. An improved ant colony optimization for constrained engineering design problems / A. Kaveh, S. Talatahari // *Engineering Computations*. – 2010. – Vol. 27, № 1. – P. 155-182.
5. Akay B. Artificial bee colony algorithm for large-scale problems and engineering design optimization / Bahriye Akay, Dervis Karaboga // *Journal of intelligent manufacturing*. – 2012. – Vol. 23, № 4. – P. 1001-1014.
6. Mirjalili S. Grey wolf optimizer / S. Mirjalili, S.M. Mirjalili, A. Lewis // *Advances in engineering software*. – 2014. – Vol. 69. – P. 46-61.
7. M BBA: a binary bat algorithm for feature selection / [Nakamura R., Pereira L., Costa K. and other] // *Conference on graphics, patterns and images (25th SIBGRAP)*, August 22–25, 2012: IEEE Publication. – P. 291-297. DOI:10.1109/SIBGRAP.2012.47.
8. Fister I.J. A hybrid bat algorithm / I.J. Fister, D. Fister, X.S. Yang // *Electrotechnical Review*. – 2013. – Vol. 80, № 1–2. – P. 1-7.
9. Galan A.Yu. Particle swarm optimization algorithm with moving boundaries as a powerful tool for exploration research / A.Yu. Galan, R. Sauleau, A.V. Boriskin // *European Conf. Antennas Propag. (EuCAP): Proc.* – Rome, 2011, ID1569370283.
10. Олійник О.О. Оптимізація на основі колективного інтелекту рою часток з керуванням змінною їхньою швидкістю / О.О. Олійник, С.О. Субботін // *Радіоелектроніка. Інформатика. Управління: наук. журн.* – 2009. – № 2. – С. 96-101.

References

1. Arzhanik, N.S. and Sadekova, G.S. (1983), “*Aerodynamika letatelnykh apparatov*” [*Aerodynamics of flying vehicles*], Vysshaya shkola, Moscow, 359 p.
2. Krukovskiy A.S. (1976), “*Teoreticheskiye osnovy strelby nazemnoi artillerii*” [*Theoretical basis for shooting ground artillery*], Ministry of Defense of the USSR, Moscow, 345 p.
3. Lipnitsky, Yu.M., Krasilnikov, A.V., Pokrovsky, A.N. and Shmanenkov, V.N. (2003), “*Aerodynamika ballisticheskogo poleta*” [*Aerodynamics of a ballistic flight*], FYZMATLYT, Moscow, 176 p.
4. Kaveh, A. and Talatahari, S. (2010). An improved ant colony optimization for constrained engineering design problems. *Engineering Computations*, Vol. 27, No. 1, pp. 155-182.
5. Akay, B. and Karaboga, D. (2012), Artificial bee colony algorithm for large-scale problems and engineering design optimization, *Journal of intelligent manufacturing*, Vol. 23, No. 4, pp. 1001-1014.
6. Mirjalili, S., Mirjalili, S.M. and Lewis, A. (2014), Grey wolf optimizer, *Advances in engineering software*, Vol. 69, pp. 46-61.
7. Nakamura, R., Pereira, L. and Costa, K. (2012), M BBA: a binary bat algorithm for feature selection, *Conference on graphics, patterns and images (25th SIBGRAP)*, August 22-25, 2012: IEEE Publication, pp. 291-297, DOI:10.1109/SIBGRAP.2012.47.
8. Fister, I.J., Fister, D. and Yang, X.S. (2013), A hybrid bat algorithm. *Electrotechnical Review*, Vol. 80, No. 1–2, pp. 1-7.
9. Galan, A.Yu., Sauleau, R. and Boriskin, A.V. (2011), Particle swarm optimization algorithm with moving boundaries as a powerful tool for exploration research, *European Conf. Antennas Propag. (EuCAP): Proc.* – Rome, ID1569370283.
10. Oliynik, O.O. and Subbotin, S.O. (2009), “Optimizatsiia na osnovi kolektivnoho intelektu roiu chastok z keruvanniam zminnoiu yikhnoi shvydkosti” [Optimization on the basis of collective intelligence of particles with control of their variable velocity], *Radioelektronika. Computer Science*, No. 2, pp. 96-101.

Надійшла до редколегії 03.07.2017

Схвалена до друку 7.09.2017

Відомості про авторів:

Литвин Василь Володимирович

доктор технічних наук професор
завідувач кафедри
Національний університет «Львівська політехніка»,
Львів, Україна
orcid.org/0000-0002-9676-0180
e-mail: vasyi.v.lytvyn@lpnu.ua

Угрин Дмитро Ілліч

кандидат технічних наук доцент
завідувач кафедри
Чернівецький факультет Національного технічного
університету «Харківський політехнічний інститут»,
Чернівці, Україна
orcid.org/0000-0003-4858-4511
e-mail: ugrund@gmail.com

Information about the authors:

Lytvyn Vasyl

Doctor of Technical Sciences Professor,
Head of Department of
National University «Lviv Polytechnic»,
Lviv, Ukraine
orcid.org/0000-0002-9676-0180
e-mail: yevhen.v.burov@lpnu.ua

Ugryn Dmytro

PhD Associate Professor,
Head of Department of
Chernivtsi Faculty of the National Technical University
«Kharkiv Polytechnic Institute»,
Chernivtsi, Ukraine
orcid.org/0000-0003-4858-4511
e-mail: ugrund@mail.ru

Шевчук Сергій Федорович

кандидат технічних наук доцент
доцент кафедри
Чернівецький факультет Національного технічного
університету «Харківський політехнічний інститут»,
Чернівці, Україна
orcid.org/0000-0002-7833-3660
e-mail: Shevchuk_sergey_2015@ukr.net

Shevchuk Sergey

PhD Associate Professor,
Senior Lecturer Department of
Chernivtsi Faculty of the National Technical University
«Kharkiv Polytechnic Institute»,
Chernivtsi, Ukraine
orcid.org/0000-0002-7833-3660
e-mail: Shevchuk_sergey_2015@ukr.net

Іл'юк Олексій Дмитрович

студент
Чернівецький факультет Національного технічного
університету «Харківський політехнічний інститут»,
Чернівці, Україна
orcid.org/0000-0002-0904-3045
e-mail: olexiyilyukm@gmail.com

Iliiyuk Olexiy

Bachelor of Information Systems,
Chernivtsi Faculty of the National Technical University
«Kharkiv Polytechnic Institute»,
Chernivtsi, Ukraine
orcid.org/0000-0002-0904-3045
e-mail: olexiyilyukm@gmail.com

РАЗРАБОТКА МЕТОДА РАСЧЕТА БЕЗОПАСНЫХ УЧАСТКОВ С ОГНЕВЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛГОРИТМА РОЯ ЧАСТИЦ

В.В. Литвин, Д.И. Угрин, С.Ф. Шевчук, А.Д. Ильюк

Предложен подход расчета безопасных участков с огневым потенциалом используя алгоритм роя частиц. Разработана математическая модель расчета участков с огневым потенциалом. Исследована эффективность работы метода на модели участка с опасными объектами и потенциальной угрозой поражения. Тестирование предложенного метода производится на базе технических характеристик субъектов исследования.

Ключевые слова: алгоритм роя частиц, огневой потенциал, субъекты исследования, технические характеристики.

DEVELOPMENT OF THE METHOD OF CALCULATING SAFE SITES WITH FIRE POTENTIAL BY USING THE PARAMETER ROYALG ALGORITHM

V. Lytvyn, D. Ugryn, S. Shevchuk, O. Iliiyuk

The analysis of existing methods that can solve the problem of ballistics, including calculating the trajectory of projectiles of various types. In particular, the projectiles that have the ability to dissipate in the air or in a collision. Such shells have a large area of destruction, than individual shells. Known fact that these munitions have a greater potential for fire and are more dangerous.

Search safe area is a multistage process. In this process influenced by such factors as: assessment of the affected area, type shells, area damage, flight, etc. Based on these data model was developed surface area, which has the potential affected area and calculated net that lets you see the area with less risk of injury.

One of the most troubled places in the process is to determine the safe position of the firing potential in the area of injury. This is due to the fact that there is error in calculating the scattering of shells in the area. Therefore, an important step in the development of this method is the process of calculating error projectile flight, scattering shells and also directly speed projectile. The cause of the problem is lack of possibility of simulations in real life. Has technical audit to determine the parameters of the following:

During the development of methods for calculating the trajectory of projectiles much attention is paid to their specifications. The greatest impact on the flight path of a projectile speed and air resistance, a physical interaction weather conditions to the shell. The basic method of study and determination of exposure based on measured phased simulation initial portion, namely launching projectile position and speed of its flight.

A promising trend of the results obtained can be used to test new technologies and approaches in the implementation of maneuvering troops positions and finding firing position with the least risk of injury. However, this approach may eventually provide sufficiently accurate data on the position coordinates of the projectile and others. Approximation function of many methods calculated based on data offered by previous exploration coordinate positions firepower of the enemy, while the potential exists for calculating the position of the enemy specifications damage area.

Keywords: particle swarm algorithm, firepower, subjects of research, technical characteristics.