

ВИЗНАЧЕННЯ ПРОСТОРОВИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБ'ЄКТІВ З УРАХУВАННЯМ ПОХИБОК ВИМІРЮВАНЬ

А.С. Білик, к.т.н., голова координаційної ради УНДЦА «Зонд», ФАКС НТУУ «КПІ», м. Київ, Україна

Постановка проблеми. Як правило, статичні і динамічні характеристики руху об'єктів, оцінені безпосередньо очевидцями, не є достовірними [3; 4]. В зв'язку з цим виникає проблема визначення їх на основі непрямих, опосередкованих даних по спостереженню, якомога ширше спираючись на незалежні еталонні та відомі величини. При ототожненні значущими статичними характеристиками руху об'єкту є діаметральний розмір та висота над абсолютною позначкою земної поверхні. При цьому суттєвий вплив чинять суб'єктивні і об'єктивні фактори, що призводять до похибок вимірювань.

Аналіз останніх досліджень. Загалом, проблематика визначення просторових характеристик об'єктів і урахування похибок виникає у будь якому серйозному уфологічному дослідженні і достатньо добре освітлена [5; 6; 7] та ін.

Одним з найвідоміших досліджень просторових характеристик НЛО є дослідження локалізації Петрозаводського феномена [1]. Запропонована у [1] методика базується на статистичній оцінці точності спостережень. Кожному напрямку була надана певна статистична вага, що враховує якість спостережень, повноту, наявність орієнтирів а також час, що минув після спостереження.

Очевидним недоліком статистичного підходу є узагальнення похибок очевидців, які є індивідуальними. Уведені при такому підході вагові коефіцієнти урахування умов спостереження ω_i мають досить малу дискретність рангової шкали та призначаються за експертними оцінками, яким властива суб'єктивність та упередженість.

Постановка завдання. У [8] було запропоновано напівімовірнісну методику урахування невизначеності у похибках візуальних оцінок, що їх можуть чинити очевидці під впливом психофізіологічних та інших факторів. Методика була розроблена для випадку спостереження НЛО одним очевидцем. У даній роботі розглядається застосування методики для двох і більше очевидців.

Виклад основного матеріалу дослідження. Загалом, якщо очевидців було декілька, але вони знаходилися один поруч одного (тобто мало місце групове спостереження), то діаметральний розмір і висота об'єкту можуть бути отримані шляхом обробки даних від кожного з очевидців окремо (як для одного очевидця) на основі результатів незалежного анкетування.

При обробці даних, наданих окремими очевидцями (або групами очевидців), що на момент спостереження були віддалені між собою на досить значну відстань (як правило 100 м і більше в залежності від масштабів явища), слід провести *триангуляцію*. Цей метод, широко застосовуваний в геодезії, дозволяє визначити усі шукані параметри, виходячи тільки з кутів до горизонту, напрямків

спостереження об'єкту, та даних про просторове розташування спостерігачів, що можуть бути надані ними або визначені при проведенні рекогносцировки. Відстань між очевидцями вимірюється за топографічним планом місцевості (при наявності точних даних щодо місцеположення очевидців у момент спостереження) або встановлюється при проведенні рекогносцировки натурним вимірюванням.

Зауважимо, що в групових спостереженнях для рухомих об'єктів при визначенні просторових геометричних характеристик до розгляду беруться дані за вимірами очевидців, здійсненими у один і той же момент часу для кожного з очевидців, або розглядаються дані за вимірами кожного очевидця окремо у різні моменти часу. При визначенні кінематичних характеристик беруться послідовні покази очевидців, узгоджені у часі.

Кути, виміряні у горизонтальній площині між напрямком на об'єкт і напрямком на іншого спостерігача можуть бути визначені через магнітні азимути, або також виміряні за топографічним планом, коли напрям, в якому спостерігався об'єкт, можна чітко встановити за допомогою орієнтирів на місцевості тощо.

Методика, запропонована у [8] базується на напівімовірнісному урахуванні похибок шляхом уведення для кожного очевидця вектору деяких констант $\Delta\{\delta_1; \delta_2; \delta_3; \dots; \delta_x\}^T$, в якому кожен компонент $\{\delta_i\} = \{\delta_{i1} \times \delta_{i2} \times \dots \times \delta_{ik_j}\}^T$, де k_j – кількість факторів для різних видів вимірів, що впливають на точність візуальних оцінок. Компоненти $\{\delta_i\}$ суть зафіксовані граничні значення похибок, що враховують як випадкові так і похибки внаслідок суб'єктивних (залежний від кожного конкретного спостерігача) та об'єктивних (загальні умови спостереження) факторів.

Такий підхід є виправданим у припущенні того, що мінімальні і максимальні похибки можуть відрізнятися за абсолютними значеннями і суб'єктивні фактори в них відіграють більшу (і до того ж неоднакову для різних очевидців) роль, аніж об'єктивні, будучи в той же час від них залежні. Наразі напівімовірнісний підхід урахування невизначеності даних є загальною тенденцією досліджень у галузі точності вимірювань [11].

Вплив на значення здійснюється шляхом перемноження вектору вимірних кожним спостерігачем параметрів $A_K\{a_1; a_2; a_3; \dots; a_x\}^T$ на вектор вагових коефіцієнтів, які є вивідні від похибок і відображають міри довіри до даних, або ступінь надійності виміру.

$$W_{\min}\{w_1; w_2; \dots; w_x\}^T = \{S\}^T + \Delta_{\min}\{\delta_1; \delta_2; \delta_3; \dots; \delta_x\}^T, \quad (1)$$

$$W_{\max}\{w_1; w_2; \dots; w_x\}^T = \{S\}^T + \Delta_{\max}\{\delta_1; \delta_2; \delta_3; \dots; \delta_x\}^T, \quad (2)$$

$\{S\}^T$ - транспонований одиничний вектор.

Відповідно отримуємо мінімальний і максимальний плани:

$$(A'_{KW})_{\min} = A_K\{a_1; a_2; a_3; \dots; a_x\}^T \cdot W_{\min}\{w_1; w_2; \dots; w_x\}^T, \quad (3)$$

$$(A'_{KW})_{\max} = A_K\{a_1; a_2; a_3; \dots; a_x\}^T \cdot W_{\max}\{w_1; w_2; \dots; w_x\}^T. \quad (4)$$

План, що визначений на основі апріорних даних спостерігача (без урахування похибок) назовемо *середнім планом*. Відтак, нашим актуальним завданням є

визначення просторових геометричних характеристик об'єктів при спостереженні двома очевидцями з урахуванням похибок вимірювань.

Обробка даних, наданих двома очевидцями. Розглянемо застосування методики для випадку, коли дані надані двома спостерігачами. Нехай $A_i(x; y)$ та $A_{i+1}(x; y)$ - точки розташування першого і другого спостерігачів в координатній площині. Відповідно α_i та α_{i+1} - кути, виміряні спостерігачами між напрямком на об'єкт і напрямком на іншого спостерігача; β_i та β_{i+1} - кути, виміряні спостерігачами між умовним центром тіла об'єкту та горизонтальною площиною («кути до горизонту»); γ_i та γ_{i+1} - кутові розміри об'єкту, виміряні спостерігачами, $b_{i,i+1}$ - відстань між спостерігачами:

$$b_{i,i+1} = \sqrt{(x_i - x_{i+1})^2 + (y_i - y_{i+1})^2} \quad (5)$$

В моделі триангуляції, що розглядається, детермінованими вважаються тільки координати спостерігачів $A_i(x; y)$ та $A_{i+1}(x; y)$. Величини α_i , α_{i+1} , β_i , β_{i+1} , γ_i та γ_{i+1} мають кожна двоскладовий вектор додатних і від'ємних похибок $\Delta\{\delta^+; \delta^-\}^T$, визначений дослідником стандартизовано з об'єктивних умов спостережень і суб'єктивних параметрів спостерігача.

Відповідним чином, для названих величин (які складають умовний середній план) будуть також визначені значення мінімального і максимального планів:

$$\minplan(A'_{KW})_{\min} \begin{Bmatrix} \alpha_i \\ \beta_i \\ \gamma_i \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \alpha_i \\ \beta_i \\ \gamma_i \end{Bmatrix} \cdot W_{\min} \begin{Bmatrix} w_{\alpha_i} \\ w_{\beta_i} \\ w_{\gamma_i} \end{Bmatrix}; \quad \minplan(A'_{KW})_{\min} \begin{Bmatrix} \alpha_{i+1} \\ \beta_{i+1} \\ \gamma_{i+1} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \alpha_{i+1} \\ \beta_{i+1} \\ \gamma_{i+1} \end{Bmatrix} \cdot W_{\min} \begin{Bmatrix} w_{\alpha_{i+1}} \\ w_{\beta_{i+1}} \\ w_{\gamma_{i+1}} \end{Bmatrix}; \quad (6)$$

$$\maxplan(A'_{KW})_{\max} \begin{Bmatrix} \alpha_i \\ \beta_i \\ \gamma_i \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \alpha_i \\ \beta_i \\ \gamma_i \end{Bmatrix} \cdot W_{\max} \begin{Bmatrix} w_{\alpha_i} \\ w_{\beta_i} \\ w_{\gamma_i} \end{Bmatrix}; \quad \maxplan(A'_{KW})_{\max} \begin{Bmatrix} \alpha_{i+1} \\ \beta_{i+1} \\ \gamma_{i+1} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \alpha_{i+1} \\ \beta_{i+1} \\ \gamma_{i+1} \end{Bmatrix} \cdot W_{\max} \begin{Bmatrix} w_{\alpha_{i+1}} \\ w_{\beta_{i+1}} \\ w_{\gamma_{i+1}} \end{Bmatrix}. \quad (7)$$

Проекції відстаней від спостерігачів до об'єкта на горизонтальну площину d_i та d_{i+1} визначатимуться як:

$$d_{i+1} = \frac{b_{i,i+1}}{\sin \alpha_{i+1} \cdot \operatorname{ctg} \alpha_i + \cos \alpha_{i+1}}, \quad d_i = \frac{d_{i+1} \cdot \sin \alpha_{i+1}}{\sin \alpha_i}. \quad (8)$$

Вищенаведені формули записані для середнього плану. Відтоді для пари спостерігачів ми матимемо комбінацію з дев'яти можливих оцінок d (див. рис. 1), що утворюють т.зв. «трикутники похибок» [10].

В свою чергу, кожна з дев'яти оцінок проекцій відстаней від спостерігачів до об'єкта на горизонтальну площину буде давати три оцінки висоти об'єкту над горизонтальною площиною, що проходить через точку спостереження h (див. рис. 2):

$$(h_i)_{11} = (d_i)_1 \cdot \tan(\beta_i)_1; (h_i)_{12} = (d_i)_1 \cdot \tan(\beta_i)_2; \dots (h_i)_{93} = (d_i)_9 \cdot \tan(\beta_i)_3 \quad (9)$$

$$(h_{i+1})_{11} = (d_{i+1})_1 \cdot \tan(\beta_{i+1})_1; (h_{i+1})_{12} = (d_{i+1})_1 \cdot \tan(\beta_{i+1})_2; \dots (h_{i+1})_{93} = (d_{i+1})_9 \cdot \tan(\beta_{i+1})_3 \quad (10)$$

Відстані від точки спостереження до умовного центру об'єкта за кожним виміром з урахуванням похибок становитимуть:

$$A_i(O_i)_{11} = \sqrt{(d_i)_{11}^2 + (h_i)_{11}^2}; A_i(O_i)_{12} = \sqrt{(d_i)_{12}^2 + (h_i)_{12}^2}; \dots A_i(O_i)_{93} = \sqrt{(d_i)_{93}^2 + (h_i)_{93}^2} \quad (11)$$

$$A_{i+1}(O_{i+1})_{11} = \sqrt{(d_{i+1})_1^2 + (h_{i+1})_{11}^2}; A_{i+1}(O_{i+1})_{12} = \sqrt{(d_{i+1})_1^2 + (h_{i+1})_{12}^2}; \dots A_{i+1}(O_{i+1})_{93} = \sqrt{(d_{i+1})_9^2 + (h_{i+1})_{93}^2} \quad (12)$$

Враховуючи, що виміри кутового розміру об'єкта γ_i та γ_{i+1} також є не детермінованими величинами, кожна з отриманих 27 оцінок відстаней від точки спостереження до умовного центру об'єкта буде давати три оцінки діаметрального розміру (для мінімального, максимального і середнього планів):

$$(D_i)_{11} = 2A_i(O_i)_{11} \cdot \tan(0,5\gamma_i); \dots (D_i)_{93} = 2A_i(O_i)_{93} \cdot \tan(0,5\gamma_i) \quad (13)$$

$$\min(D_i)_{11} = 2A_i(O_i)_{11} \cdot \tan(0,5(\gamma_i)_{\min}); \dots \min(D_i)_{93} = 2A_i(O_i)_{93} \cdot \tan(0,5(\gamma_i)_{\min}) \quad (14)$$

$$\max(D_i)_{11} = 2A_i(O_i)_{11} \cdot \tan(0,5(\gamma_i)_{\max}); \dots \max(D_i)_{93} = 2A_i(O_i)_{93} \cdot \tan(0,5(\gamma_i)_{\max}) \quad (15)$$

Обробка даних, наданих n очевидцями. Якщо спостереження проводилося більше ніж двома очевидцями, до розгляду беруться оцінки всіх можливих пар спостерігачів, кількість яких $k = 0,5(n^2 - n)$.

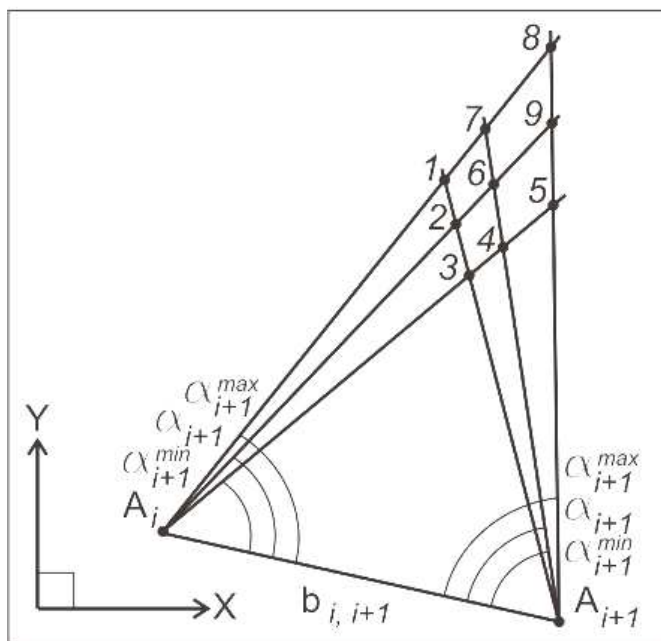


Рис. 1. Оцінки проекції відстаней від двох спостерігачів до об'єкта.
Нумерація довільна

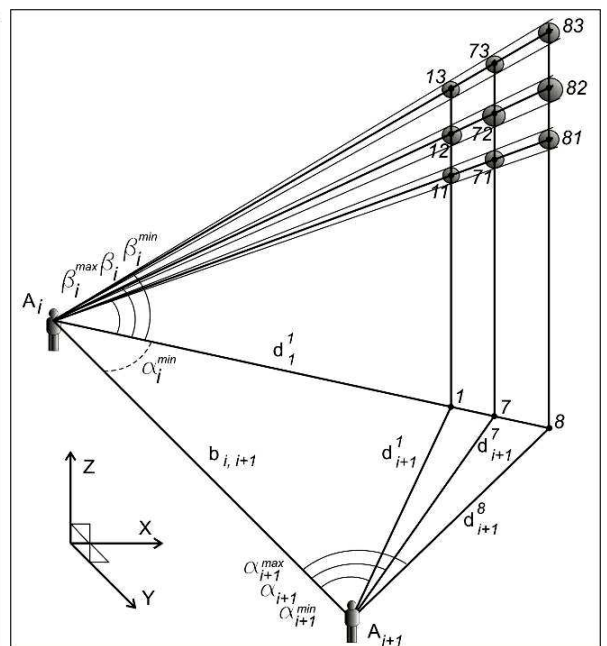


Рис. 2. Визначення діаметрального розміру за одним зі сполучень для першого спостерігача

Зауважимо також, що в даній роботі приймається, що очевидці знаходяться у одній площині ($z_{A_i} = 0$), що є виправданим для більшості спостережень, коли очевидці знаходяться на рівнинній місцевості недалеко один від одного. Проте якщо геодезичні перевищення Δ_{head} між точками є достатньо суттєвими, їх урахування при триангуляції можливе зведенням до плоскої задачі введенням до виміряного спостерігачем кута $\beta_{взм.}$ поправки $\Delta\beta = \beta_{взм.} \pm \arctan\left(\frac{h + \Delta_{head}}{d}\right)$ при відомих проекції відстані до об'єкту на горизонтальну площину d та висоті об'єкта h .

Висновки. Отже ми розглянули методику та практичні аспекти визначення просторових геометричних характеристик неототожнених літальних об'єктів в умовах невизначеності, пов'язаної із похибками спостереження для багатьох очевидців. Звісно, запропонована методика має деякі обмеження. Вона розроблена спеціалізовано для спостережень, що відносяться до контактів 1 і 2 роду [9], де

потрібно визначити просторові характеристики об'єктів з метою їх ототожнення. В основному до таких спостережень відносять спостереження поодиноких об'єктів з відстані понад 200 м [9], коли провести ототожнення без ретельного аналізу неможливо.

Втім, дана методика застосовна також і до спостережень груп об'єктів (у такому випадку аналіз проводиться для кожного або укрупнено для групи об'єктів) а також для ареальних об'єктів, коли форму об'єкта або його чітке положення локалізувати не вдається. Зрештою, навіть при розгляді спостережень, що відносяться до контактів 3 і 4 роду, які зазвичай апріорі не можуть бути ототожнені як явища відомої природи, визначення просторових характеристик іноді може бути корисним або принаймні не зайвим.

Запропонована методика також дозволяє визначати кінематичні характеристики об'єктів за умови розгляду їх руху як послідовності дискретних статичних станів системи та узгодженні часових параметрів між очевидцями. Методика вже успішно апробована при аналізі повідомлень про спостереження аномальних аерокосмічних явищ, що надходять до Українського науково-дослідного центру вивчення аномалій «Зонд».

Основною дилемою і перспективою подальших досліджень уявляється проведення досліджень із визначення стандартизованих компонентів векторів $\{\delta_i\}$ для різних умов спостережень і активних типологічних факторах спостерігачів.

Зауважимо також, що розроблена методика є універсальною щодо джерел даних, зокрема у якості спостерігачів можуть виступати не тільки очевидці, але й автоматичні або людино-машинні системи реєстрації тощо.

Список літератури:

1. Мезенцев А. Г. Определение пространственного положения аномального атмосферного явления 20.09.1977 в районе г. Петрозаводска. Отчет. / Мезенцев А. Г. – Петрозаводск: Петрозав. гос. ун-т им. О.В. Куусинена, 1978. – 20 с.
2. Бронштэн В. А. Планеты и их наблюдение. § 32. Ошибки наблюдений / Бронштэн В.А. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — М.: Наука: Гл. ред. физ.-мат. лит. 1979. – 416 с.
3. Андреев В. А. НЛО или ошибки наблюдателей. [Электронный ресурс] / Андреев В. — РФ: 2000. — Режим доступа : <http://www.vadim-andreev.narod.ru>.
4. Герштейн М. Б. Особенности восприятия очевидцами аномальных явлений и их учет в ходе расследования. / Герштейн М. - UFOnews 08.04.2002 – 9 с.
5. Методические рекомендации по организации изучения аномальных явлений в окружающей среде. Союз науч.-инж. общ. ВЦПС. Комиссия по АЯ в ОС. М.: 1988. – 72 с.
6. Скобелев Б. Ю. Классификация сообщений и определение физических свойств феномена. Отчет. / Скобелев Б.Ю. — Новосибирск. : 1979. – 44 с.
7. Дюссер Раймонд. Персональное уравнение и точность / Дюссер Р. Циркуляр EAON #5, 2002.
8. Білик А. С. Урахування людського фактору в уфологічних дослідженнях// VI міжн.наук.-техн.конф. «Гіротехнології, навігація, керування рухом та конструювання авіаційно-космічної техніки»: зб. доповідей. Ч.І. / Білик А. С. – К. : НТУУ «КПІ», 2007, – С. 94-101.
9. Huxley Allen. The UFO Experience: A Scientific Inquiry – Marlowe & Co ,U.S., 1999. – 276 p.
10. Михайлов В.С. Определение места судна в море визуальными методами. [у кн.] Навигация и логия. Учебное пособие. / Михайлов В.С., Кудрявцев В.Г. – К.: Аристей, 2006 г. – 832 с.
11. Радев Х. К. Инструментална неопределеност, максимално допустима грешка и клас на точност на средствата на измерване / Радев Х. К. // Metrology & metrology assurance 2006. – Sozopol, Bulgaria -2006. – P. 17-26.