

Śledzenie obiektów z wykorzystaniem obrazowania spektralnego

Object tracking with spectral imagery

Krzysztof Tutak¹, Mateusz Pieszko¹

Treść. Niniejsza praca poświęcona jest analizie skuteczności śledzenia obiektów przy pomocy obrazowania spektralnego wykonywanego za pomocą 16-kanalowej kamery spektralnej rejestrującej dane w trybie wideo w zakresie 400-1000 nm. Wykorzystano algorytm Lucas-Kanade, wyznaczający przepływ optyczny w charakterystycznych punktach obrazu, określonych metodą Shi-Tomasi. Śledzenie inicjowane jest ręcznie poprzez wskazanie prostokątnego okna zawierającego obiekt. Do przetwarzania wybierany jest monochromatyczny obraz odpowiadający długości fali, dla której liczba punktów leżących w tym oknie jest największa. Zastosowano reprezentację obrazu w formie piramidy, dzięki czemu zmniejszono zależności od zmian skali obserwowanego obiektu. Otrzymane w każdym kroku śledzenia nowe pozycje punktów charakterystycznych były analizowane w celu odrzucenia obserwacji odstających. Wykonano szereg eksperymentów polegających na próbie śledzenia makiety samochodu wojskowego w trudnych warunkach oświetlenia i przy niejednorodnym tle o kolorystyce zbliżonej do barw maskujących pojazdu. Otrzymane rezultaty potwierdziły zasadność stosowania obrazowania spektralnego do śledzenia obiektów.

Słowa kluczowe: obrazowanie spektralne, przetwarzanie obrazów, śledzenie obiektów, przepływ optyczny, spektralny system wizyjny

Abstract. This paper is devoted to the analysis of the effectiveness of object tracking with spectral imagery performed with a 16-channel spectral video camera operating in the 400-1000 nm range. We used the Lucas-Kanade algorithm which computes the optical flow at characteristic points of the image which were determined by the Shi-Tomasi method. The tracking is initialized manually by pointing to a rectangular window containing the object. Monochrome image corresponding to the wavelength for which the number of points lying in this window is the greatest is selected for processing. We used a representation of an image in the form of a pyramid, so that dependence on scale changes of the observed object was reduced. New positions of characteristic points received in each step of tracking were analyzed in order to reject outliers. We performed a series of experiments that tries to track military vehicle model under difficult lighting conditions and heterogeneous background of a color similar to the vehicle masking colors. Obtained results confirmed the advisability of applying spectral imagery for object tracking.

Keywords: hyperspectral imaging, image processing, object tracking, optical flow, spectral vision system

1. Wprowadzenie

Algorytmy detekcji i śledzenia obiektów są obecnie przedmiotem intensywnego zainteresowania z uwagi na liczne zastosowania w obronności, przemyśle oraz w systemach wspomagających utrzymanie porządku publicznego. Najczęstsze problemy w istniejących rozwiązaniach związane są z niejednorodnością tła, które może dodatkowo mieć zbliżoną barwę do obiektu, niewielkim kontrastem obiektu w stosunku do pozostałych elementów obserwowanej sceny, zmiennymi warunkami oświetlenia i koniecznością śledzenia w nocy, zmiennym kształtem śledzonego celu, częściowymi lub całkowitymi przysłonięciami, obecnością w kadrze innych podobnych obiektów oraz niejednostajnym charakterem ruchu [1].

Obrazowanie spektralne posiada szereg zalet, które powodują, że jego zastosowanie do śledzenia obiektów wydaje się być bardzo obiecujące oraz pozwala na wyeliminowanie przynajmniej części ze wspomnianych ograniczeń. Umożliwia ono mierzenie tzw. sygnatur spektralnych,

które zawierają więcej informacji aniżeli trzy podstawowe składowe barwy oferowane przez tradycyjne kamery. Do detekcji obiektu można zatem wykorzystać właściwości spektralne materiału, z którego jest on wykonany zamiast koloru, jasności lub informacji o gradiencie (krawędziach). Dotychczas główną przeszkodą był czas akwizycji obrazów spektralnych pozwalający jedynie na obserwację scen statycznych, jednak na rynku dostępne od niedawna są również kamery spektralne działające w trybie wideo.

2. Przegląd literatury

Dobry przegląd nowoczesnych metod śledzenia z wykorzystaniem tradycyjnych kamer można znaleźć w [2]. Metody te nie są jednak uniwersalne i wciąż obciążone są ograniczeniami takimi jak szybkość, obrót czy częściowe przysłonięcia śledzonych obiektów, a także problemami z segmentacją obiektu od tła. Część z tych ograniczeń

może być wyeliminowana dzięki zastosowaniu kamer spektralnych.

W literaturze dostępne są również publikacje z zakresu śledzenia obiektów przy pomocy obrazowania spektralnego. W pracy [3] autorzy wykorzystali algorytm *mean shift* do śledzenia obiektów na podstawie widma ich refleksyjności, predykcji położenia i redukcji wymiarowości metodą *random projection*. W artykule [4] wykorzystano filtr cząsteczkowy do śledzenia osób na podstawie hiperspektralnych właściwości skóry w zakresie światła widzialnego i bliskiej podczerwieni. W pracy [5] wykorzystano połączenie analizy cech spektralnych oraz zachowania śledzonego obiektu w czasie przy wykorzystaniu znanych metod wykrywania celu i algorytmu *variance-filter*. Śledzenie pojazdów jest przedmiotem pracy [6], w której autorzy opisali własną wersję algorytmu *feature aided tracking*. W celu śledzenia obiektów o niewielkim rozmiarze poruszających się z dużą prędkością, w artykule [7] zastosowano metodę opartą o algorytm Mean-Shift oraz filtr Kalmana w celu zbudowania estymatora jądrowego gęstości obiektu. Z kolei w publikacji [8] zaproponowano system złożony z komponentu umożliwiającego panoramiczne widzenie peryferyjne oraz z modułu hiperspektralnego o wąskim polu widzenia.

Dostępne ogólnie pozycje literaturowe odnoszą się do wykorzystania kamer rejestrujących dużą liczbę pasm kosztem długiego czasu akwizycji. Dzięki rozwojowi technologii na rynku pojawiły się ostatnio kamery spektralne rejestrujące mniej pasm, lecz działające w czasie rzeczywistym. Tego typu urządzenia są obecnie przedmiotem wielu badań, zaś ich skuteczność nie została jeszcze opisana w literaturze w wystarczającym stopniu. Wśród nielicznych dostępnych publikacji z tego zakresu należy wymienić pracę [9], w której wykorzystano sensor kontrolowany przy pomocy metodologii DDDAS (Dynamic Data Driven Applications Systems) w celu szybkiej rejestracji wybranych danych spektralnych.

3. Opis metody

3.1. Pojęcie przepływu optycznego

Zastosowana w pracy metoda śledzenia wykorzystuje tzw. przepływ optyczny, który można interpretować jako pole wektorowe określające przesunięcia zawartości dwóch kolejnych obrazów [10]. Niech $I(x, y, t)$ oznacza jasność piksela obrazu o współrzędnych x, y w chwili t . Pikel ten przemieszcza się w kolejnym obrazie o $\Delta x, \Delta y$ i Δt przy czym zakłada się spełnienie następującego warunku:

$$I(x, y, t) = I(x + \Delta x, y + \Delta y, t + \Delta t) \quad (1)$$

Dla niewielkich wartości przesunięć można zastosować rozwinięcie w szereg Taylora:

$$\begin{aligned} I(x + \Delta x, y + \Delta y, t + \Delta t) &= \\ &= I(x, y, t) + \frac{\partial I}{\partial x} \Delta x + \frac{\partial I}{\partial y} \Delta y + \frac{\partial I}{\partial t} \Delta t + \text{reszta} \end{aligned} \quad (2)$$

Z równań (1) i (2) przy pominięciu reszty wynika, że:

$$\frac{\partial I}{\partial x} \Delta x + \frac{\partial I}{\partial y} \Delta y + \frac{\partial I}{\partial t} \Delta t = 0 \quad (3)$$

Po obustronnym podzieleniu przez Δt :

$$\frac{\partial I}{\partial x} \frac{\Delta x}{\Delta t} + \frac{\partial I}{\partial y} \frac{\Delta y}{\Delta t} + \frac{\partial I}{\partial t} = 0 \quad (4)$$

Oznaczając pochodne cząstkowe obrazu po x, y , i t odpowiednio I_x, I_y , i I_t zaś składowe przepływu optycznego wzdłuż osi x, y odpowiednio przez V_x i V_y można zapisać równanie przepływu optycznego:

$$I_x V_x + I_y V_y = -I_t \quad (5)$$

Równanie (5) zawiera dwie niewiadome. Do ich wyznaczenia potrzebny jest zatem dodatkowy warunek.

3.2. Wyznaczanie przepływu metodą Lucas-Kanade

Do wyznaczenia przepływu optycznego może być wykorzystana metoda Lucas-Kanade [11]. Zakłada się, że przepływ optyczny jest niezmienny w pewnym niewielkim otoczeniu rozpatrywanego punktu. W związku z tym można zapisać następujący układ równań:

$$\begin{cases} I_x(p_1) V_x + I_y(p_1) V_y = -I_t(p_1) \\ I_x(p_2) V_x + I_y(p_2) V_y = -I_t(p_2) \\ \vdots \\ I_x(p_n) V_x + I_y(p_n) V_y = -I_t(p_n) \end{cases} \quad (6)$$

gdzie p_1, p_2, \dots, p_n oznaczają kolejne piksele w rozpatrywanym fragmencie obrazu.

Układ równań (6) można zapisać w formie macierzowej:

$$AV = B$$

gdzie:

$$A = \begin{bmatrix} I_x(p_1) & I_y(p_1) \\ I_x(p_2) & I_y(p_2) \\ \vdots & \vdots \\ I_x(p_n) & I_y(p_n) \end{bmatrix}, \quad V = \begin{bmatrix} V_x \\ V_y \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} -I_t(p_1) \\ -I_t(p_2) \\ \vdots \\ -I_t(p_n) \end{bmatrix} \quad (7)$$

Układ równań (7) można rozwiązać metodą najmniejszych kwadratów:

$$V = (A^T A)^{-1} A^T B \quad (8)$$

Znajomość składowych wektora V_x , V_y oraz czasu Δt pomiędzy dwiema kolejnymi ramkami obrazu pozwala na wyznaczenie nowej pozycji śledzonego punktu charakterystycznego.

3.3. Wykorzystanie piramidy obrazów

W podstawowej wersji algorytmu Lucas-Kanade rozważane jest niewielkie sąsiedztwo piksela, w którym wyznaczony jest przepływ optyczny. Oznacza to, że większe przesunięcia obiektów mogą być niezauważone przez metodę. W związku z tym w pracy wykorzystano wersję opartą na tzw. piramidzie obrazów [12]. Jest to sposób reprezentacji obrazu w wielu skalach. Powstaje on w wyniku wielokrotnego wygładzania a następnie zmniejszania obrazu. Powstałe w trakcie obrazy, nałożone jeden na drugi, tworzą piramidę, stąd nazwa tej reprezentacji.

W zmodyfikowanej wersji metody Lucas-Kanade rozmiar sąsiedztwa jest stały niezależnie od skali obrazu, a wyznaczanie przepływu optycznego odbywa się rekurencyjnie, zaczynając od najwyższego poziomu. Oznacza to, że początkowo w sposób zgrubny przeszukiwany jest większy fragment obserwowanej sceny, a następnie informacja jest uszczegółowiana na niższych poziomach piramidy.

3.4. Procedura wyboru kanału

W opisywanym rozwiązaniu algorytm Lucas-Kanade został wykorzystany do wyznaczenia tzw. rzadkiego przepływu optycznego, wyliczanego tylko w pewnych charakterystycznych punktach obrazu. Przyjęto, że dobrymi cechami do śledzenia będą narożniki wykryte za pomocą metody Shi – Tomasi [13]. Wykorzystywana kamera spektralna umożliwia akwizycję 16 monochromatycznych obrazów odpowiadających poszczególnym długościami fali, nazywanych dalej kanałami. Śledzenie rozpoczyna się od ręcznego wskazania prostokątnego obszaru zawierającego obiekt. W obrębie tego obszaru znajdują się punkty charakterystyczne we wszystkich 16 kanałach (ryc. 1).



Ryc. 1. Wyniki detekcji punktów charakterystycznych w 16 kanałach pozyskiwanych za pomocą kamery spektralnej (w nawiasie podano liczby znalezionych punktów).

Fig. 1. Results of the detection of characteristic points in 16 bands acquired by spectral camera (the number of found points is indicated in brackets).

Do dalszego przetwarzania wybrano długość fali, dla której liczba punktów charakterystycznych jest największa. W rozpatrywanym przypadku był to kanał nr 6. Procedura wyboru kanału powtarzana jest za każdym razem, gdy śledzenie jest inicjowane. Dzięki temu do dalszego przetwarzania wybierany jest kanał, w którym w warunkach panujących w danej chwili znaleziono najwięcej punktów charakterystycznych.

3.5. Przetwarzanie końcowe

W każdym kroku śledzenia, po wyznaczeniu nowych położenia punktów charakterystycznych wykonywana jest procedura mająca na celu wyeliminowanie obserwacji odstających. W tym celu wyznaczany jest środek ciężkości:

$$P_c = (x_c, y_c) :$$

$$x_c = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_i, \quad y_c = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m y_i \quad (9)$$

gdzie x_i, y_i to współrzędne, zaś m liczba punktów charakterystycznych wyznaczonych w danej iteracji śledzenia. Następnie wyznaczana jest średnia odległość punktów od

$$P_c :$$

$$d = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m d_i \quad (10)$$

gdzie:

$$d_i = \sqrt{(x_i - x_c)^2 + (y_i - y_c)^2} \quad (11)$$

Dany punkt jest odrzucany jeżeli spełnia warunek:

$$d_i > K \cdot d \quad (12)$$

gdzie K jest parametrem metody. W rozpatrywanych przykładach przyjęto $K=3$.

4. Eksperymenty

4.1. Opis stanowiska badawczego

W trakcie badań wykorzystano kamerę spektralną „SO-C716-VNIR” wyprodukowaną przez firmę Surface Optics Corporation [14]. Przyrząd ten rejestruje sygnaty spektralne badanych obiektów w 16 kanałach z maksymalną szybkością 30 klatek na sekundę. Na potrzeby badań stworzone zostało otoczenie pomiarowe, w którym rozmieszczono elementy tła zbliżone do faktury oraz kolorów śledzonego obiektu.

4.2. Opis bazy sekwencji wideo

Algorytm testowano dla scen na zewnątrz w warunkach naturalnego oświetlenia. Przedmiotem śledzenia była makieta samochodu wojskowego. W celu oceny skuteczności metody opracowano 9 scenariuszy śledzenia. Dla każdego ze scenariuszy zarejestrowano 20 sekwencji testowych w rozdzielczości 520×520 zawierających śledzony obiekt poruszający się ze zmienną prędkością. Poszczególne sekwencje były rejestrowane o różnych porach dnia i przy rozmaitych warunkach pogodowych. Zmieniano odległość kamery od celu oraz konfigurację tła. Obiekt poruszał się pod różnym kątem w stosunku do osi widzenia kamery. Zarejestrowane sekwencje trwały kilkanaście sekund, co przy zastosowanym czasie integracji odpowiada średnio 130 klatkom. Wybrane klatki przykładowej sekwencji testowej pokazano na ryc. 2.



Ryc. 2. Wybrane klatki pokazujące wynik śledzenia dla scenariusza 2.
Fig. 2. Selected frames showing the result of tracking for scenario 2.

4.2.1. Opis scenariuszy śledzenia.

Scenariusz 1: Wykonana w skali 1:20 makieta samochodu wojskowego z nadrukiem w barwach ochronnych zapewniających kamuflaż poruszała się ruchem niejednostajnym ze zmienną prędkością oraz przerwami w jeździe. Obiekt przemieszczał się równoległe to tła, które stanowi różnicowana roślinność naturalna. Obserwacja dokonywana była z dużej odległości. Jednocześnie w niewielkim zakresie zmieniał się kąt patrzenia kamery. Śledzonym elementem była naczepa makiety pojazdu.

Scenariusz 2: Makieta samochodu poruszała się w sposób analogiczny do scenariusza 1. W scenariuszu tym tło zostało rozszerzone o dodatkowe elementy niewystępujące w sekwencji 1. Obserwacja odbywała się z bliskiej odległości, a kąt patrzenia kamery zmieniany był w większym zakresie niż w scenariuszu 1. Śledzonym elementem była naczepa makiety pojazdu.

Scenariusz 3: Makieta samochodu poruszała się ruchem niejednostajnym z przerwami w jeździe, pod kątem około 18 stopni w stosunku do tła (różnicowana roślinność naturalna) w taki sposób, że obiekt przybliżał się do kamery w trakcie ruchu. Kąt patrzenia kamery zmieniał się w trakcie pomiaru. Rejestracja sekwencji odbywała się z dużej odległości. Śledzonym elementem była naczepa pojazdu.

Pozostałe scenariusze: Scenariusze 4-9 opierały się na scenariuszach 1-3. Jedyna modyfikacja polegała na zmianie śledzonego fragmentu makiety (zgodnie z tab. 1.). Scenariusze 4 i 5 zostały oparte na scenariuszu 1, scenariusze 6 i 7 na scenariuszu 2, zaś scenariusze 8 i 9 zostały oparte na scenariuszu 3.

4.3. Opis eksperymentu

Dla każdej z zarejestrowanych sekwencji eksperyment rozpoczynał się od ręcznego zaznaczenia śledzonego obiektu. Oceniano przez jak długi okres czasu, rozumiany jako liczba klatek obrazu, algorytm jest w stanie poprawnie śledzić cel. Przyjęto, że obiekt przestał być śledzony w sytuacji, gdy nie znaleziono w ogóle punktów w następnej klatce lub rozrzut znalezionych punktów jest na tyle duży, że pole powierzchni obejmującego je prostokąt jest ponad dwa razy większe od zakreślanej na ryc. 3 na niebiesko części wspólnej tego prostokąta i rzeczywistego położenia śledzonego obszaru.



Ryc. 3. Przykładowa klatka pokazująca moment przerwania śledzenia
Fig. 3. Sample frame showing the moment of tracking interruption

4.4. Ocena wyników

Średnie wyniki skuteczności otrzymane dla poszczególnych scenariuszy zostały porównane z wynikami uzyskanymi dla metody Lukas-Kanade [15] zastosowanej na sekwencjach obrazów przedstawiających te same sceny rejestrowane za pomocą kamery RGB (tab. 1). Skuteczność śledzenia zdefiniowano jako wyrażony w procentach stosunek liczby klatek, w których śledzenie jest poprawne do całkowitej liczby klatek zawierających obiekt.

Wyniki z tab. 1. pokazują, że badany algorytm jest szczególnie skuteczny w przypadku gdy zaznaczonym do śledzenia fragmentem obiektu jest kabina makiety (w przypadku dwóch scenariuszy zawsze uzyskiwano wynik w wysokości 100%). Wyniki uzyskane dla innych fragmentów obiektu są zróżnicowane, jednakże nie zaobserwowano dramatycznego pogorszenia. Biorąc pod uwagę to, że przedmiotem eksperymentu było śledzenie celu bardzo podobnego do tła w różnych warunkach oświetlenia, wyniki należy uznać za satysfakcjonujące. Dla rozpatrywanego obiektu opracowana metoda okazała się skuteczniejsza niż metoda Lukas-Kanade zastosowana dla sekwencji obrazów RGB. Ponadto, przebadano również skuteczność metody Cam-Shift [15] dla tej samej sekwencji obrazów. Okazała się ona jednakże nieskuteczna dla tego obiektu w przyjętych warunkach oświetleniowych.

Tab. 1. Porównanie średniej skuteczności śledzenia dla rozpatrywanych 9 scenariuszy

Tab. 1. Comparison of the average effectiveness of tracking Lukas-Kanade for RGB camera [%]

Nr scenariusza	1	2	3	4	6	8	5	7	9
Śledzony element	naczepa			tylne koło			kabina		
Badana metoda [%]	78,80	93,20	89,86	82,61	97,28	78,26	100,00	100,00	95,65
Lukas-Kanade dla kamery RGB [%]	75,61	85,62	62,35	82,61	97,28	55,30	98,45	73,70	92,65

5. Podsumowanie

Wyniki przeprowadzonych eksperymentów pokazują, że możliwe jest skuteczne śledzenie obiektów w oparciu o technologię obrazowania spektralnego oraz metodę Lucas-Kanade nawet w przypadku obiektów bardzo zbliżonych do tła, w odniesieniu do których tradycyjne metody okazują się zazwyczaj niewystarczające. W ramach przeprowadzonych eksperymentów, w których śledzona była makietka samochodu wojskowego w barwach ochronnych na tle bardzo podobnego do obiektu tła, osiągnięto łącznie średnią skuteczność śledzenia w wysokości 90,63%. Przeprowadzone eksperymenty pokazują, że skuteczność

metody zależy między innymi od tego, która część obiektu oraz jak duży jej fragment jest wykorzystywany do jego śledzenia.

Wśród zalet zaproponowanej metody należy wymienić możliwość śledzenia obiektów, których kolor jest zbliżony do tła. Stwierdzono także, że śledzenie jest skuteczne przy dużych zmianach rozmiarów obserwowanego obiektu, co jest szczególnie ważne w przypadku gdy obiekt porusza się w kierunku kamery. Stwierdzono eksperymentalnie, że algorytm działa poprawnie w słabszych warunkach oświetlenia, np. wieczorem. Jako wadę należy wymienić to, że śledzenie nie działa w przypadku, gdy warunki oświetlenia zmieniają się w trakcie procesu śledzenia.

6. Literatura

- [1] A. Yilmaz, O. Javed, M. Shah, Object tracking: A survey, ACM Computing Surveys vol. 38, no. 4 (2006), 38.
- [2] H. Yang, L. Shao, F. Zheng, L. Wang, Z. Song, Recent advances and trends in visual tracking: A review, Neurocomputing 74 (2011), 3823-3831.
- [3] H. V. Nguyen, A. Banerjee, R. Chellappa, Tracking via Object Reflectance using a Hyperspectral Video Camera, IEEE Computer Society Conference (2010), 44 - 51.
- [4] H. V. Nguyen, A. Banerjee, P. Burlina, J. Broadwater, R. Chellappa, Tracking and Identification via Object Reflectance Using a Hyperspectral Video Camera, Machine Vision Beyond Visible Spectrum (2011), 201-219.
- [5] B. Aminov, O. Nichtern, S. R. Rotman, Spatial and temporal point tracking in real hyperspectral images, EURASIP Journal on Advances in Signal Processing no. 1 (2011).
- [6] J. Blackburn, M. Mendenhall, A. Rice, P. Shelnut, N. Soliman, J. Vasquez, Feature Aided Tracking with Hyperspectral Imagery, Signal and Data Processing of Small Targets (2007).
- [7] H. Sheng, Y. Ouyang, C. Li, W. Rong, Z. Xiong, Tracking Dim-Small Object Based on the Hyperspectral Features, Arabian Journal for Science and Engineering, vol. 39 (2014), 1725-1736.
- [8] T. Wang, Z. Zhu, E. Blasch, Bio-Inspired Adaptive Hyperspectral Imaging for Real-Time Target Tracking, Sensors Journal IEEE vol. 10, no. 3 (2010), 647-654.
- [9] B. Uz Kent, M. Hoffman, A. Vodacek, Spectral Validation of Measurements in a Vehicle Tracking DDDAS, Procedia Computer Science vol. 51 (2015), 2493-2502.
- [10] S. S. Beauchemin, J. L. Barron, The computation of optical flow, ACM Computer Surveys vol. 27, no. 3 (1995), 433-466.
- [11] B. D. Lucas, T. Kanade, An iterative image registration technique with an application to stereo vision, Proceedings of the 7th joint conference on Artificial intelligence vol. 2 (1981), 674-679.
- [12] T. Lindeberg, Scale-Space Theory in Computer Vision, Kluwer Academic Publishers 1994.
- [13] J. Shi, C. Tomasi, Good Features to Track. Technical

Report, Cornell University 1993.

[14] Strona internetowa Surface Optics Corporation. (2015-05-18). Hyperspectral and Multispectral Imagers [Online]. Dostępne pod adresem: <http://surfaceoptics.com/products/hyperspectral-imaging>

[15] G. Bradski, Learning OpenCV, O'Reilly 2008.

Badania realizowane w ramach Projektu "Zbadanie możliwości śledzenia, identyfikacji i kontroli jakości przy użyciu 16-32 kanałowej kamery do obrazowania spektralnego w zakresie 400-1000nm", Nr WNDRPPK.01.03.00-18-044/13 współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego oraz Budżetu Państwa w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Podkarpackiego. Inwestujemy w rozwój województwa podkarpackiego.