

Wnioski wynikające z analizy wartości entropii informacji zawartej w inskrypcji odcisniętej na powierzchni dysku z Fajstos

Conclusions from the analysis of entropy value of the information contained in the inscription imprinted on the surface of the Phaistos disk

Streszczenie: Tematyka artykułu dotyczy powszechnie dość dobrze znanego zabytku archeologicznego, którym jest gliniany dysk z Fajstos. Powszechnie uważa się, że dysk z Fajstos jest obiektem autentycznym, a odcisnięte na jego powierzchni zagadkowe znaki, w liczbie 241, stanowią zapis pewnego tekstu w jakimś nieustalonym jak dotychczas języku naturalnym. Opinie podważające autentyczność rozważanego artefaktu są stosunkowo nieliczne. Również stosunkowo nieliczni badacze twierdzą, że dysk z Fajstos nie zawiera w ogóle żadnego zapisu tekstu w języku naturalnym, ponieważ jego pierwotne przeznaczenie było zupełnie inne. Przykładowo mogła być to plansza do jakiejś nieznaney nam gry. Autorzy artykułu postanowili potraktować dysk z Fajstos jako źródło informacji, dla którego wyznaczyli następnie wartość jego entropii. Uzyskany rezultat jest w pewnym sensie zaskakujący ponieważ wyliczona przez autorów wartość entropii dla dysku z Fajstos ma bardzo zbliżoną wartość do entropii tekstów zapisanych w wybranych nowożytnych językach naturalnych. Wypływa stąd wniosek, że jest rzeczą wysoce prawdopodobną, że dysk z Fajstos zawiera istotnie zapis jakiegoś tekstu w pewnym języku naturalnym. Natomiast kluczową obecnie sprawą pozostaje stuprocentowe udowodnienie autentyczności rozważanego artefaktu, do czego niestety konieczne jest wykonanie inwazyjnych badań termoluminescencyjnych, na co, jak dotychczas, nie ma zgody władz muzeum, w którym przechowywany jest dysk z Fajstos.

¹⁾ Dr inż. Prof. WSEI Wyższa Szkoła Ekonomii i Informatyki w Krakowie.

²⁾ Dr inż. AGH Akademia Górniczo-Hutnicza.

Słowa kluczowe: kryptologia historyczna, starożytne inskrypcje, teoria informacji, entropia informacji

Summary: The subject of the article concerns a widely fairly well-known archaeological monument, which is a clay disk from Phaistos. It is widely believed that the disk from Phaistos is an authentic object, and that the puzzling marks imprinted on its surface, 241 in number, represent the recording of some text in some as yet undetermined natural language. Opinions questioning the authenticity of the artifact under consideration are relatively few. Also, relatively few researchers claim that the Phaistos disk does not contain any natural language text recording at all, as its original purpose was quite different, for example, it could have been a game board for some unknown game. The authors of the article decided to treat the Phaistos disk as a source of information, for which they then determined the value of its entropy. The result obtained is somewhat surprising, since the entropy value calculated by the authors for the Phaistos disk has a very similar value to the entropy of texts written in selected modern natural languages. This leads to the conclusion that it is highly probable that the Phaistos disk does indeed contain a record of some text in some natural language. On the other hand, the key issue at present remains the 100% proof of the authenticity of the artifact under consideration, for which, unfortunately, it is necessary to carry out invasive thermoluminescence tests, for which, so far, there is no permission from the authorities of the museum where the Phaistos disk is kept.

Keywords: historical cryptology, ancient inscriptions, information theory, information entropy

JEL classification codes: C6, C60.

Wprowadzenie

Gliniany dysk z Fajstos jest raczej dość dobrze znanym (oczywiście ogółowi wykształconej części społeczeństwa) starożytnym zabytkiem, który przechowywany jest w muzeum archeologicznym w greckim Heraklionie na Krecie. Artefakt ten został odnaleziony w 1908 roku przez włoskiego archeologa Luigi Perniera w ruinach pałacu pochodzącego z epoki minojskiej i datowany jest na około XVII wiek p.n.e. Powszechnie uznawany jest za obiekt autentyczny i jako taki przedstawiany jest w niemal każdej encyklopedii czy monografii dotyczącej starożytnej Krety [3].

Jednak w stulecie jego odkrycia amerykański ekspert do spraw fałszerstw dzieł sztuki, doktor Jerome M. Eisenberg, mocno zakwestionował autentyczność rozważanego zabytku. Jego zdaniem dysk z Fajstos jest fałszyfikatem, a bezczelnego fałszerstwa miał dopuścić się sam jego odkrywca – Luigi Pernier w celu zdobycia światowego rozgłosu i nieśmiertelnej sławy. Co więcej, Eisenberg zażądał przeprowadzenia badań fizykochemicznych, które pozwoliłyby dokładnie ustalić czas wypalenia gliny, z której wykonano dysk. Niestety, muzeum w Heraklionie kategorycznie odmówiło, zasłaniając się unikatowością rozważanego artefaktu i jego wielką wartością dla ogólnoludzkiej kultury [4].

W związku z powyższym sprawa autentyczności dysku z Fajstos pozostaje jak na razie nierozstrzygnięta. Taki stan rzeczy zachęca licznych amatorów i różnej maści pseudonaukowców do podejmowania karkołomnych prób jego odczytania [2]. Niestety, wszystkie zaprezentowane dotychczas propozycje odczytania dysku z Fajstos zdają się nie mieć z rzeczywistością zbyt wiele wspólnego. Jako swego rodzaju *curiosum* wystarczy wspomnieć o niedawnych próbach odczytania odcisniętej na dysku z Fajstos inskrypcji w języku staro-węgierskim czy wręcz w języku proto-ugrofińskim.

Tymczasem bardzo niewielka objętość tekstu odcisniętego za pomocą stempli na powierzchni dysku z Fajstos sprawia, że podstawiając pod poszczególne znaki arbitralnie wybrane wartości fonetyczne, można z niego wyczytać, przy dodatkowo mocno rozluźnionych regułach fonetycznych, dosłownie wszystko i to w zasadzie w dowolnie wybranym języku ludzkim – współczesnym bądź starożytnym [7].

To, że dysk z Fajstos zawiera zapis pewnego tekstu w języku naturalnym, jest często przyjmowane jako rzecz oczywista. Jednak wcale tak być bynajmniej nie musi. Spośród proponowanych rozwiązań warto wspomnieć o możliwościach takich jak chociażby plansza do gry [1], kalendarz, talizman, modlitewnik czy też pełnienie przez znaki dysku z Fajstos jedynie funkcji swego rodzaju ornamentu.

Abstrahując od możliwości definitywnego rozstrzygnięcia w przyszłości sporów dotyczących autentyczności dysku z Fajstos, z czysto logicznego punktu widzenia istnieją cztery wzajemnie wykluczające się możliwości:

1. Dysk z Fajstos jest obiektem autentycznym i zawiera zapis tekstu w jakimś starożytnym języku naturalnym.
2. Dysk z Fajstos jest obiektem autentycznym, lecz nie zawiera żadnego tekstu, gdyż odcisnięte na nim znaki pełniły jakąś inną, nieznaną nam funkcję.

3. Dysk z Fajstos jest falsyfikatem, ale mimo to zawiera zapis tekstu w pewnym języku naturalnym bądź sztucznym (specjalnie w tym celu wymyślonym).
4. Dysk z Fajstos jest falsyfikatem i na dodatek nie zawiera zapisu żadnego tekstu.

Celem niniejszego artykułu jest podjęcie próby udzielenia odpowiedzi, czy prawdy należy poszukiwać raczej pomiędzy możliwościami 1 lub 3 (dysk zawiera pewien tekst w jakimś języku), czy też 2 lub 4 (dysk nie zawiera żadnego tekstu). W tym celu autorzy wykorzystali osiągnięcia teorii informacji opracowanej w 1948 roku przez Claude'a Elwooda Shannona [5, 6].

Inskrypcja dysku z Fajstos

Dysk z Fajstos jest stosunkowo niewielkim obiektem o średnicy około 16 cm. Na obu jego stronach wyryta został linia spiralna, wzdłuż której za pomocą stempli odciski zostały zagadkowe znaki. Obecnie przyjmuje się w zasadzie za pewnik, że znaki na obu stronach dysku z Fajstos odciski zostały idąc od jego brzegu ku środkowi. W literaturze powszechnie mówi się o stronie A dysku z Fajstos, przedstawionej na rys. 1, oraz o jego stronie B, ukazanej na rys. 2. Nie ma jednak żadnych logicznych przesłanek odnośnie tego, że to właśnie strona A zawiera początek tekstu i w związku z tym powinna być czytana w pierwszej kolejności. Oznaczenie stron dysku jest zatem całkowicie umowne, a utrwalone zostało ponad stuletnią tradycją badań nad rozważanym artefaktem [2].

Grupy znaków w liczbie od dwóch do siedmiu zostały rozdzielone pionowymi kreskami i dość powszechnie przyjmuje się, że wyznaczają one granice kolejnych wyrazów tekstu odcisniętego na powierzchni dysku. Poszczególne znaki pojawiają się z różną częstością i w sumie na dysku z Fajstos można doliczyć się 45 różnego typu znaków. Natomiast wszystkich odcisniętych na obu stronach dysku znaków jest 241. Niestety nie jest to dostatecznie duża liczba i w związku z tym wyciąganie na ich podstawie jakichkolwiek wniosków natury statystycznej może być obarczone sporym błędem [7].

To, co jest najbardziej zastanawiające, to fakt, że do chwili obecnej dysk z Fajstos pozostaje w zasadzie unikatem, gdyż nigdzie na świecie nie udało się, jak dotychczas, znaleźć niczego podobnego. Jest to tym bardziej dziwne, jeśli uwzględnimy, że poszczególne znaki zostały na tym glinianym dysku odciski za pomocą stempli. Nasuwa się tutaj automatycznie pytanie o zasadność wykonania stempli, które miałyby posłużyć do wykonania tylko jednego

egzemplarza dysku. Wydaje się, że tego typu obiektów powinno być więcej. Być może rozwiązanie polega na tym, że dysk ten nie pochodzi z Krety tylko został tam zawleczony z innego obszaru kulturowego. Tego rodzaju hipotezę wspierają także stwierdzenia o nie występowaniu na Krecie takiego rodzaju gliny, z której wykony został rozważany dysk [3].

Rysunek 1. Strona A dysku z Fajstos



Źródło: https://pl.wikipedia.org/wiki/Dysk_z_Fajstos

Rysunek 2. Strona B dysku z Fajstos



Źródło: https://pl.wikipedia.org/wiki/Dysk_z_Fajstos

To, co jest najbardziej zastanawiające, to fakt, że do chwili obecnej dysk z Fajstos pozostaje w zasadzie unikatem, gdyż nigdzie na świecie nie udało się, jak dotychczas, znaleźć niczego podobnego. Jest to tym bardziej dziwne, jeśli uwzględnimy, że poszczególne znaki zostały na tym glinianym dysku odcisnięte za pomocą stempli. Nasuwa się tutaj automatycznie pytanie o zasadność wykonania stempli, które miałyby posłużyć do wykonania tylko jednego egzemplarza dysku. Wydaje się, że tego typu obiektów powinno być więcej. Być może rozwiązanie polega na tym, że dysk ten nie pochodzi z Krety tylko został tam zawleczony z innego obszaru kulturowego. Tego rodzaju hipotezę

wspierają także stwierdzenia o nie występowaniu na Krecie takiego rodzaju gliny, z której wykony został rozważany dysk [3].

Jednak z drugiej strony można napotkać opinie, według których niektóre ze znaków odcisniętych na dysku z Fajstos wykazują pewne podobieństwo do znaków wyrytych na tzw. ołtarzu z Mali oraz brązowym toporze z Arkalochori. Niektórzy badacze dopatrują się także podobieństwa wybranych znaków dysku z Fajstos do znaków pisma linearnego A, ale wspomniane tutaj podobieństwa mają w przeważającej mierze charakter raczej powierzchowny i w żadnym wypadku nie pretendują do rangi naukowego dowodu [3].

Autorzy artykułu podjęli próbę zbadania inskrypcji zawartej na dysku z Fajstos stosując metody wypracowane przez lingwistykę matematyczną, gdzie podstawowym miernikiem stosowanym do analizy tekstu jest entropia zawartej w nim informacji.

Entropia informacji zawartej w tekście

Podstawowym parametrem charakteryzującym każde źródło informacji jest jego entropia [5, 6]. W przypadku źródła informacji, które może przybierać jeden z N stanów, każdy z prawdopodobieństwem odpowiednio p_1, p_2, \dots, p_N , jego entropię można wyznaczyć z następującego wzoru:

$$H = \sum_{i=1}^N p_i \log_2 \frac{1}{p_i}$$

Tekst zapisany w dowolnym języku naturalnym może zostać potraktowany jako źródło informacji, które wysyła poszczególne symbole pochodzące z alfabetu danego języka (litery bądź inne znaki) z określoną wartością prawdopodobieństwa. Oczywiście, wartości prawdopodobieństw pojawienia się w tekście zapisanym w danym języku poszczególnych symboli alfabetu muszą zostać wprawdzie rzetelnie oszacowane na podstawie reprezentatywnych korpusów tekstów o odpowiednio dużej objętości.

W tab. 1 zawarto informację dotyczące częstości występowania liter alfabetu języka polskiego, przy czym uwzględniono 35 liter alfabetu. Co prawda litery, takie jak q, v, x zasadniczo nie występują w języku polskim, ale sporadycznie mogą się jednak pojawić w wyrażeniach zapożyczonych z innych języków (np. promieniowanie X, test IQ, rakiety V2), dlatego zostały tutaj również uwzględnione. Druga kolumna tab. 1 zawiera wartości prawdopo-

bieństwa p pojawiania się danej litery w tekście zapisanym w języku polskim. W kolumnie trzeciej tab. 1 zamieszczono wyliczone wartości odwrotności tego prawdopodobieństwa $1/p$, w kolumnie czwartej wyliczone wartości logarytmu przy podstawie dwa z odwrotności prawdopodobieństw, a w kolumnie piątej obliczone wartości wyrażenia $p \cdot \log_2(1/p)$, których zsumowanie dopiero daje wartość entropii tekstu zapisanego w języku polskim.

Tabela 1. Zestawienie częstości występowania liter w korpusach tekstów języka polskiego

Litera	p	(1/p)	$\log_2(1/p)$	$p \cdot \log_2(1/p)$
A	0,0891	11,22	3,49	0,3110
Ą	0,0099	101,01	6,66	0,0659
B	0,0147	68,03	6,09	0,0895
C	0,0396	25,25	4,66	0,1845
Ć	0,0040	250,00	7,97	0,0319
D	0,0325	30,77	4,94	0,1606
E	0,0766	13,05	3,93	0,3010
Ę	0,0111	90,09	6,49	0,0720
F	0,0030	333,33	8,38	0,0251
G	0,0142	70,42	6,14	0,0872
H	0,0108	92,59	6,53	0,0705
I	0,0821	12,18	3,61	0,2963
J	0,0228	43,86	5,45	0,1242
K	0,0351	28,49	4,83	0,1695
L	0,0210	47,62	5,57	0,1170
Ł	0,0182	54,95	5,78	0,1014
M	0,0280	35,71	5,16	0,1445
N	0,0552	18,12	4,18	0,2307
Ń	0,0020	500,00	8,97	0,0179
O	0,0775	12,90	3,69	0,2860
Ó	0,0085	117,65	6,88	0,0585
P	0,0313	31,95	5,00	0,1565
Q	0,0014	714,29	9,48	0,0132
R	0,0469	21,32	4,41	0,2068
S	0,0432	23,15	4,53	0,1957

Ś	0,0066	151,52	7,24	0,0478
T	0,0398	25,13	4,65	0,1851
U	0,0250	40,00	5,32	0,1330
V	0,0004	2500,00	11,29	0,0045
W	0,0465	21,51	4,43	0,2060
X	0,0002	5000,00	12,29	0,0025
Y	0,0376	26,60	4,73	0,1778
Z	0,0564	17,73	4,15	0,2341
Ż	0,0006	1666,67	10,70	0,0064
Ž	0,0083	120,48	6,91	0,0574

Źródło: <https://sjp.pwn.pl/poradnia/haslo/frekwencja-liter-w-polskich-tekstach;7072.html>

Sumując wartości zamieszczone w piątej kolumnie tab. 1 otrzymujemy wartość entropii tekstów zapisanych w języku polskim wynoszącą około 4,57 bitów.

Z kolei w tab. 2 zamieszczono analogiczne wartości wyznaczone dla języka angielskiego, którego alfabet liczy nieco mniej, bo 26 liter.

Tabela 2. Zestawienie częstości występowania liter w korpusach tekstów języka angielskiego

Litera	p	(1/p)	$\log_2(1/p)$	$p \cdot \log_2(1/p)$
A	0,0850	11,76	3,56	0,3026
B	0,0207	48,31	5,59	0,1157
C	0,0453	22,08	4,46	0,2020
D	0,0338	29,59	4,89	0,1653
E	0,1116	8,96	3,16	0,3527
F	0,0181	55,25	5,79	0,1048
G	0,0247	40,49	5,34	0,1319
H	0,0300	33,33	5,06	0,1518
I	0,0755	13,25	3,73	0,2816
J	0,0020	500,00	8,97	0,0179
K	0,0110	90,91	6,51	0,0716
L	0,0549	18,21	4,19	0,2300
M	0,0301	33,22	5,05	0,1520
N	0,0665	15,04	3,91	0,2600

O	0,0716	13,97	3,80	0,2721
P	0,0316	31,65	4,98	0,1573
Q	0,0019	526,31	9,04	0,0172
R	0,0758	13,19	3,72	0,2820
S	0,0574	17,42	4,12	0,2365
T	0,0695	14,39	3,85	0,2676
U	0,0363	27,55	4,78	0,1735
V	0,0101	99,01	6,63	0,0669
W	0,0129	77,52	6,28	0,0810
X	0,0029	344,83	8,43	0,0244
Y	0,0178	56,18	5,81	0,1034
Z	0,0027	370,37	8,53	0,0230

Źródło: <https://www3.nd.edu/~busiforc/handouts/cryptography/letterfrequencies.html>

Po zsumowaniu wartości zamieszczonych w piątej kolumnie tab. 2 otrzymujemy wartość entropii tekstów zapisanych w języku angielskim wynoszącą około 4,24 bitów.












Jak widać, wartość entropii informacji tekstów zapisanych w językach polskim i angielskim jest bardzo zbliżona, pomimo tego, że języki te, mimo iż należą do wspólnej indoeuropejskiej rodziny językowej, dość znacznie różnią się od siebie, choćby z tego względu, że język angielski jest językiem typowo pozycyjnym i analitycznym, a język polski jest językiem syntetycznym z bardzo rozbudowaną fleksją.














Analiza inskrypcji dysku z Fajstos














Jak już uprzednio wspomniano, w przypadku dysku z Fajstos mamy do czynienia z 45 symbolami alfabetu. W związku ze stosunkowo niewielką objętością inskrypcji odcisniętej na dysku (zaledwie 241 znaków) można podejrzewać, że ewentualny alfabet służący do zapisu rozpatrywanego języka inskrypcji może zawierać jeszcze jakieś rzadko występujące znaki, które na dysku z Fajstos się nie pojawiły [3]. W związku z powyższym uzyskany dla dysku z Fajstos wynik entropii informacji należy traktować wyłącznie jako szacunkowy.









W tab. 3 zamieszczono zestawienie, ukazujące poszczególne znaki alfabetu inskrypcji wraz z liczbą ich wystąpień oraz szacowaną na tej podstawie wartość prawdopodobieństwa pojawienia się w tekście danego znaku.

Tabela 3. Zestawienie szacunkowej częstości występowania poszczególnych znaków dysku z Fajstos

znak	Liczba wystąpień	$\sim p$	$\sim(1/p)$	$\sim \log_2(1/p)$	$\sim p^* \log_2(1/p)$
	11	0,0456	21,93	4,45	0,2029
	19	0,0788	12,69	3,67	0,2892
	2	0,0083	120,48	6,91	0,0574
	1	0,0041	241,00	7,91	0,0324
	1	0,0041	241,00	7,91	0,0324
	4	0,0166	60,24	5,91	0,0981
	18	0,0747	13,39	3,74	0,2794
	5	0,0207	48,31	5,59	0,1157
	2	0,0083	120,48	6,91	0,0574
	4	0,0166	60,24	5,91	0,0981
	1	0,0041	241,00	7,91	0,0324

	17	0,0705	14,18	3,83	0,2700
	6	0,0249	40,16	5,33	0,1327
	2	0,0083	120,48	6,91	0,0574
	1	0,0041	241,00	7,91	0,0324
	2	0,0083	120,48	6,91	0,0574
	1	0,0041	241,00	7,91	0,0324
	12	0,0498	20,08	4,33	0,2156
	3	0,0124	80,65	6,33	0,0785
	2	0,0083	120,48	6,91	0,0574
	2	0,0083	120,48	6,91	0,0574
	5	0,0207	48,31	5,59	0,1157
	11	0,0456	21,93	4,45	0,2029
	6	0,0249	40,16	5,33	0,1327

	7	0,0290	34,48	5,11	0,1482
	6	0,0249	40,16	5,33	0,1327
	15	0,0622	16,08	4,01	0,2494
	2	0,0083	120,48	6,91	0,0574
	11	0,0456	21,93	4,45	0,2029
	1	0,0041	241,00	7,91	0,0324
	5	0,0207	48,31	5,59	0,1157
	3	0,0124	80,65	6,33	0,0785
	6	0,0249	40,16	5,33	0,1327
	3	0,0124	80,65	6,33	0,0785
	11	0,0456	21,93	4,45	0,2029
	4	0,0166	60,24	5,91	0,0981
	4	0,0166	60,24	5,91	0,0981

	4	0,0166	60,24	5,91	0,0981
	4	0,0166	60,24	5,91	0,0981
	6	0,0249	40,16	5,33	0,1327
	2	0,0083	120,48	6,91	0,0574
	1	0,0041	241,00	7,91	0,0324
	1	0,0041	241,00	7,91	0,0324
	1	0,0041	241,00	7,91	0,0324
	6	0,0249	40,16	5,33	0,1327

Źródło: https://en.wikipedia.org/wiki/Phaistos_Disc

Po zsumowaniu wartości zamieszczonych w ostatniej kolumnie tab. 3 otrzymujemy wartość entropii informacji wyznaczonej dla inskrypcji dysku z Fajstos wynoszącą około 4,97 bitów. Jest to zatem wartość bardzo zbliżona do wartości entropii informacji uzyskanej dla tekstów zapisanych w językach naturalnych (polskim i angielskim).

Zakończenie

Z zamieszczonych powyżej wyliczeń wynika, że entropia informacji wyznaczona dla inskrypcji dysku z Fajstos ma wartość bardzo zbliżoną do wartości entropii informacji wyznaczonej dla języków takich jak polski i angielski. W związku z powyższym można wysnuć pewne przesłanki odnośnie tego,

że dysk z Fajstos zawiera mimo wszystko zapis jakiegoś tekstu w bliżej nieokreślonym języku naturalnym. W takiej sytuacji kluczową sprawą wydaje się bezwzględne potwierdzenie autentyczności rozważanego artefaktu. Gdyby istotnie dysk z Fajstos okazał się obiektem autentycznym, wtedy podejmowane wysiłki mające na celu jego odczytanie miałyby jak najbardziej sens, przy czym wydaje się, że już samo ustalenie rodziny językowej dla tekstu dysku z Fajstos byłoby sporym sukcesem. W przypadku przeciwnym dalsze badanie dwudziestowiecznego falsyfikatu byłoby zapewne jedynie stratą czasu.

W opinii autorów fakt, że dotychczas nie przeprowadzono jeszcze badań termoluminescencyjnych dysku z Fajstos, które mogłyby z całą pewnością potwierdzić bądź kategorycznie wykluczyć jego autentyczność, jest wręcz swego rodzaju naukowym skandalem. Tym bardziej niezwykły upór muzeum w Heraklionie i zasłanianie się unikatowością znaleziska jest wysoce zastanawiający. Być może jego kierownictwo powzięło już pewne podejrzenia odnośnie autentyczności rozważanego artefaktu i w związku z tym obawia się wybuchu potężnego skandalu i oczywiście, w następstwie tego, utraty wpływów pokazanych sum pieniężnych od osób zwiedzających muzeum w Heraklionie chcących zobaczyć na własne oczy ten wyjątkowy zabytek archeologii.

Literatura

1. Biel R., *Najstarsze planszówki świata*, Archeologia Żywa – magazyn popularnonaukowy, nr 2 (84), 2022, ss. 4-13.
2. Chadwick J., *Pismo linearne B i pisma pokrewne*, Wydawnictwo RTW, Warszawa 1998.
3. Ciechanowicz J., *Cień Minotaura*, Państwowy Instytut Wydawniczy, Warszawa 1996.
4. Eisenberg J. M., *The Phaistos disc: a one hundred-year-old hoax?*, Minerva, July/August 2008, pp. 9-24.
5. Karbowski M., *Podstawy kryptografii*, Wydawnictwo Helion, Gliwice 2014.
6. Kawa R., Lembas J., *Wykłady z informatyki – Wstęp do informatyki*, PWN, Warszawa 2017.
7. Kondratow A., *Zaginione cywilizacje*, Państwowy Instytut Wydawniczy, Warszawa 1988.