

# CO-OCCURRENCE OF NATURAL VARIANTS OF CONSTRUCTIONAL FEATURES IN FEMALE SIGNATURES

Szymon MATUSZEWSKI

*Department of Criminalistics, Adam Mickiewicz University, Poznań*

**ABSTRACT:** The aim of this study was to formulate, on empirical grounds, general principles of co-occurrence of natural variants of constructional characteristics in signatures. From this point of view, the randomness of co-occurrence of natural variants of 36 constructional characteristics in signatures of women of a similar age, with similar educational background and the same surname ending was analysed. It was found that co-occurrence of natural variants was not random in only 22.2% of analysed pairs of characteristics. In 15.6% of analysed pairs, natural variants co-occurred more frequently than randomly and in 6.6% of analysed pairs, less frequently than randomly. More frequent than random co-occurrence was four times less frequent in cases of pairs of features of different letters than pairs of features of the same letters. It was also less frequent among pairs of basic level characteristics than among pairs of macrostructural level characteristics and among pairs of connection characteristics than among pairs of stroke construction characteristics. Based upon the above results, two general laws of natural variants co-occurrence in handwriting were proposed. The significance of these results for comparative handwriting analysis was discussed.

**KEY WORDS:** Criminalistics; Questioned documents; Writer elimination; Natural variation; Signatures; Constructional characteristics.

*Problems of Forensic Sciences, vol. LX, 2004, 78–103*

*Received 3 August 2004; accepted 17 October 2004*

## INTRODUCTION

In the criminalistic literature, it has been pointed out many times that inferring about heterogeneity in comparative expert studies of handwriting is highly subjective [4, 6, 7]. This subjectivity stems mainly from a lack of an objective method of appraisal of discrepancies observed by experts during comparative studies. In the opinion of this author, a method of calculating the so-called probability of random inconsistency makes possible a partially objective appraisal. A full description of this method was published earlier [7]. In order to shed light on the premises that formed the basis of the present research, an abridged description has been presented below, preceded by an explanation of the basic concepts in this paper.

The variability of handwriting features is the occurrence of different values of handwriting features in different samples. This variability is divided into interindividual variation (the occurrence of different values of handwriting features in samples taken from different people) and intraindividual variation (the occurrence of different handwriting features in samples taken from the same person). The present work concerns intraindividual variation, so only concepts connected with this will be explained. A concept with fundamental significance is a “change (variant) in a handwriting feature”. In this paper, a change (variant) in a handwriting feature refers to such a value of an examined feature that constitutes a deviation from the fixed value in a person’s handwriting. One can talk about a variant in a handwriting feature only when one possesses a sufficiently large number of samples of handwriting. Only in this situation is it possible to reliably determine which value of an examined feature is a stable one and, as a consequence, which value (or values) constitute changes in the handwriting feature.

Changes in handwriting features – and in consequence intraindividual variation of handwriting features – may be divided into intentional and unintentional changes [8, 9]. An intentional change is one where a writer intentionally introduces into a current writing sample a value of a feature that is a deviation from the fixed value. An unintentional change, on the other hand, is such a change which occurs in a current handwriting sample despite a lack of intention on the part of the writer to change the given feature.

Unintended changes in handwriting features – and as a result unintended instability of handwriting features – may be divided into natural and unnatural changes [8, 9]. An unnatural change is an unintentional change caused by executing a handwriting sample in a situation that is unnatural for some reason. It should be pointed out here that the unnaturalness of a writing situation (understood broadly) is caused by each element of that situation which both significantly influences the writing activity and differs from the typical conditions under which the (writing) person learned writing. (An example of such an element may be enforced hurry when writing a sample, or untypical position when writing, e.g. writing when standing at the post office counter, which is an untypical position for most people). A natural change, in turn, is an unintentional change resulting from the nature of writing itself. Natural changes – by their essence – appear in all writing samples, including those that have been executed in a natural situation of writing. In such research as described here, one should thus eliminate unnatural elements of a writing situation in order to obtain writing samples containing only natural changes. Bearing this in mind, for the purpose of the present research it was decided to collect comparative material in such circumstances, in which writers usually learn writing (for the vast majority of people this is a sitting position at a table, with undisturbed functioning of

the nervous and motor systems etc.). For full clarity, a classification of variability of handwriting features is schematically presented in Figure 1.

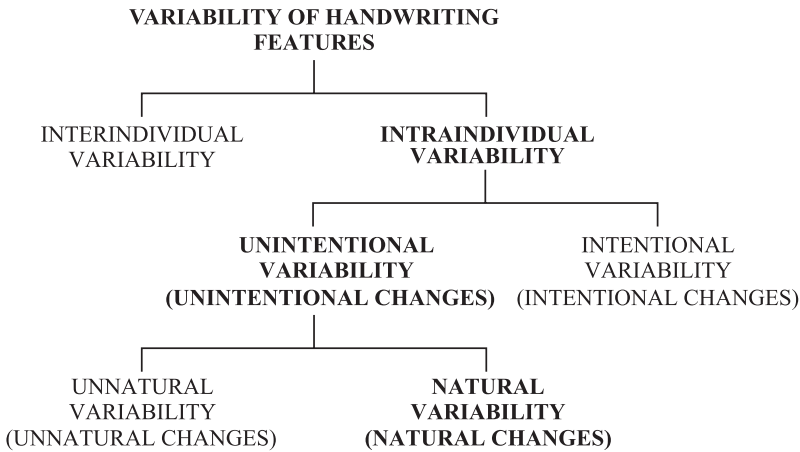


Fig. 1. Variability of handwriting features (types of variability studied in the present research are printed in bold).

The probability of random inconsistency – also defined as the probability of unintended inconsistency – is the probability of a situation where a given set of instabilities occurs as a result of unintentional variability of the questioned material<sup>1</sup>. This probability is calculated on the hypothetical assumption that the executor of the questioned and comparative material is the same person, and the observed discrepancies are a consequence of unintentional variability of the questioned material. Knowing the value of this probability enables us to objectively assess the observed discrepancies from the perspective of unintended changes in features in which these discrepancies were ascertained. A method of calculating this probability uses the instability of a handwriting feature – the unintended variability of handwriting index. This index is defined as the frequency of occurrence of feature values different than the modal value (fixed standard) in the analysed collection of handwriting samples (in practice – a collection of comparative samples). The modal value, on the other hand, is defined as the value occurring most frequently in the analysed collection.

The method of calculating the probability of random inconsistency is two-stage. In the first stage one calculates the instability of those features

<sup>1</sup> It should be stressed that probability of random inconsistency enables an assessment of discrepancies only from the perspective of unintentional variability of features in which the discrepancies were observed. This value is not used for assessment of discrepancies in intended changes.

for which a discrepancy was observed. For a particular feature this is based on determination of the number of specimens of comparative material which have a different value for the given feature than the fixed value, and then dividing this number by the total number of all specimens. Instability determined in this way corresponds to the probability of occurrence of a discrepancy in the considered feature as a result of an unintended change in the questioned material. The second stage consists in calculating the probability of an unintended discrepancy. In order to do that, one should first answer whether instabilities of features determined in the previous stage are independent of one another. If the answer is positive, to obtain the probability of random inconsistency, it is sufficient to multiply the obtained instabilities. If the answer is negative, it is necessary to use some other method of calculating the searched probability, for example, by taking into consideration only some instabilities in calculations.

From the perspective of practical application of the described method the problem of independence of instability of handwriting features thus becomes critically important. In the presented approach, the instability of a handwriting feature is a measure of frequency of occurrence of unintended changes of the given feature in the handwriting of the studied person. As a consequence, the unintended changes influence the value of instability. The problem of independence of instabilities of handwriting features may thus be reduced to a problem of independence of occurrence of unintended changes in handwriting. Bearing this in mind, the issue of independence of instabilities was formulated into a question: do unintentional changes of handwriting characteristics co-occur randomly – namely independently of each other, or not randomly – namely dependently? The presented research is an attempt to find a partial answer to the question posed above.

To the best of the author's knowledge, until now there has been no systematic research on co-occurrence of unintentional changes of handwriting features. Only co-variance of some measurable features has been studied [2, 3], and also the dependence between values (variants) of some constructional features [1]. Hence, the present survey is the first attempt to examine systematically the randomness of co-occurrence of unintended changes in handwriting. In this research, only the co-occurrence of natural changes was analysed, and the problem of randomness of co-occurrence of unnatural changes left unsolved. Furthermore, the co-occurrence of natural changes of only selected constructional features was studied, and, moreover, only the signatures of young, educated women were examined.

## MATERIAL AND METHODS

### Examined persons

18 female students took part in the research (age: 21–27, average age: 22.2). The criterion of selection of examined persons was their surname ending, which had to be made up of the letter set “wska” (9 persons) or “ska” (9 persons).

### Examined material

Full signatures (name and surname) were examined, signed with a writing instrument owned by the examined person sitting at a table, on a dotted line on the right hand side of a smooth A5 sheet of paper under the following statement: “I hereby certify my attendance at criminalistics lectures”. 45 signatures by each participant were analysed (in three cases, 40 signatures, in one, 43), signed 5 at once, at weekly intervals or longer, for a duration of 15 weeks. Thus, in the case of each participant a set of signatures consisting of 9 (or 8) sub-sets, comprising 5 signatures each, was analysed. If the possibility of occurrence of a factor causing unnatural changes of handwriting was ascertained, the sample was excluded from further analysis.

### Analysed features

Natural changes of 36 constructional features of letter sets “wska” and “ska” were analysed. In Table I, names of examined features are listed. A detailed description of these features is included in my previous work [8].

### Method of examination

Each of 45 signatures making up a collection of signatures of an examined person was subjected to features’ analysis (all suitable features in a catalogue were classified into an appropriate value). Then, for each person and for each feature a modal value was determined (this is the value which is most frequently present in the analysed set, i.e. the modal value of the analysed set). The number 1 was assigned to this value. Thus, number 1 signifies that the considered sample is characterised by a lack of natural change in the analysed feature. The number 0 was assigned to other values (namely values other than the modal value). The number 0 is thus equivalent to the statement that the considered sample is characterised by occurrence of a natural change in the analysed feature. In this way, a research sheet was drawn up for each person, with numbers 1 (lack of a change) and 0 (presence of a change) assigned to particular features, and placed in columns.

TABLE I. EXAMINED CONSTRUCTIONAL FEATURES OF LETTER SETS “WSKA” AND “SKA”

No.	Letter	Feature
2.	w	Number of half-bodies
3.		Proportion of half-bodies along the horizontal axis
4.		First half-body type
5.		Type of connection between half-bodies
6.		Second half-body type
7.		Occurrence of binding of the letter “...s”
8.	s	Number of half-bodies
9.		Proportion of half-bodies along the vertical axis
10.		Type of upper half-body
11.		Type of lower half-body
12.		Type of connection of the body with “sk” binding
13.		Occurrence of “sk” binding
14.	k	Type of “sk” binding
15.		Type of connection of “sk” binding with the “k” stem
16.		Type of stem
17.		Occurrence of a finishing stroke of the stem
18.		Type of finishing stroke of the stem
19.		Type of connection of the stem with the finishing stroke of the stem
20.		Type of connection of the finishing stroke of the stem with the body line
21.		The place of intersection between the body and the stem
22.		Type of upper half-body
23.		Type of connection between half-bodies
24.	Type of lower half-body	
25.	Type of connection of the body with “ka” binding	
26.	Type of connection of the body with the “a” oval	
27.	a	Occurrence of “ka” binding
28.		Type of “ka” binding
29.		Type of connection between “ka” binding and oval
30.		The place of initiation of the oval
31.		Type of oval
32.		Type of connection between oval and stem
33.		Occurrence of a stem
34.		Type of stem
35.		Type of finishing stroke
36.		Type of connection between the stem and the finishing stroke
37.	Type of connection between the oval and the finishing stroke	

The next stage was creation of a collective sheet by joining together the sheets of all 18 persons. After creation of the collective sheet, partial analysis was begun. In the case of each partial analysis, first of all a pair of features was chosen, for which co-occurrence of natural changes was studied (features  $x$  and  $y$ ). After that, the partial zero hypothesis was verified using the  $\chi^2$  Pearson test, and the hypothesis in every instance indicated that nat-

ural changes of feature  $x$  co-occur randomly with natural changes of feature  $y$ . For every pair of features, a bipartite table was thus created, showing the observed frequencies of co-occurrence of natural changes of analysed characteristics. On the basis of observed frequencies, expected frequencies were calculated, namely frequencies which should occur in random co-occurrence of natural changes of analysed features. Next, the value of  $\chi^2$  was calculated, and then compared with the critical value (for number of degrees of freedom  $df = 1$  and level of significance 0.05, this equals 3.841 [5]). As a consequence of this comparison, a decision was made whether to reject or accept the zero hypothesis. In cases where the obtained  $\chi^2$  value was equal to or bigger than the above mentioned critical value, the hypothesis was rejected. And when the obtained  $\chi^2$  value was lower than the critical value, the hypothesis was accepted.

Furthermore, for every pair of features the value of  $\phi$  Yule's coefficient was calculated, which, as a measure of correlation of nominal variables in a bipartite table, enables assessment of both the kind and the strength of the relationship between variables [10]. Its value may vary from  $-1$  to  $1$  ( $0$  means a lack of relation between variables;  $-1$  and  $1$  mean a negative and positive ideal relationship respectively) [10].

## RESULTS

Among 630 pairs of features, it was possible to study the randomness of co-occurrence of natural changes in 572 pairs. In the case of the remaining 58 pairs, this could not be achieved either because creation of a bipartite table with observed frequencies was impossible, or because of too low values of expected frequencies.

Out of the total number of 572 pairs of features, in 127 cases the obtained  $\chi^2$  value exceeded the critical value. In other words, in the case of 127 pairs of features (out of 572 analysed pairs), the hypothesis of random co-occurrence of natural changes was rejected (which was equivalent to acceptance of the hypothesis that these changes co-occur more frequently or more rarely than randomly). These (non-randomly co-occurring) pairs are presented in Table II. In Tables III and IV, numbers of pairs with non-random co-occurrence of natural changes in particular categories are compared. In Table III, those pairs which are composed of at least one feature relating only to a binding were not taken into consideration – for reasons given later.

TABLE II. PAIRS OF FEATURES WITH NON-RANDOM CO-OCCURRENCE OF NATURAL CHANGES

No.	Analysed pair of features; category of pair is in brackets	Value of $\chi^2$	Value of $\phi$
1.	Type of connection of half-bodies of the letter "k" $\times$ place of initiation of oval of the letter "a" (RLZM)	3.93	0.073
2.	Type of "ka" binding $\times$ type of oval "a" (GG)	3.98	-0.109
3.	Type of upper half-body of the letter "k" $\times$ type of binding of the letter set "sk" (GG)	4.03	0.125
4.	Type of lower half-body of the letter "s" $\times$ occurrence of the "ka" binding (GM)	4.12	0.072
5.	Type of "k" stem $\times$ type of finishing stroke of the letter "a" (RLGG)	4.15	-0.073
6.	Type of lower half-body of the letter "s" $\times$ occurrence of the "sk" binding (GM)	4.21	-0.073
7.	Type of connection of the "k" body with the "a" oval $\times$ occurrence of "sk" binding (ZM)	4.22	-0.121
8.	Type of connection of the "a" stem with the finishing stroke $\times$ occurrence of the "ka" binding (ZM)	4.41	0.151
9.	Proportion of half-bodies of the letter "w" along the horizontal axis $\times$ type of connection of "ka" binding with "a" oval (RLMZ)	4.48	0.171
10.	Type of lower half-body of the letter "s" $\times$ type of finishing stroke of the letter "a" (RLGG)	4.66	0.077
11.	Type of connection between half-bodies of the letter "k" $\times$ type of connection of "k" body with "ka" binding (SLZZ)	4.70	0.131
12.	Proportion of half-bodies of the letter "w" along the horizontal axis $\times$ occurrence of "a" stem (RLMM)	4.71	-0.131
13.	Type of upper half-body of the letter "k" $\times$ type of "a" stem (RLGG)	4.74	-0.140
14.	Number of half-bodies of the letter "s" $\times$ place of initiation of "a" oval (RLMM)	4.75	0.078
15.	Type of the first half-body in the letter "w" $\times$ type of upper half-body of the letter "s" (RLGG)	4.78	-0.127
16.	Type of connection of the "s" body with "sk" binding $\times$ type of "ka" binding (ZG)	4.78	-0.299
17.	Number of half-bodies of the letter "s" $\times$ type of "sk" binding (MG)	4.78	0.127
18.	Type of lower half-body of the letter "s" $\times$ type of lower half-body of the letter "k" (RLGG)	4.79	0.080
19.	Proportion of half-bodies of the letter "s" along the vertical axis $\times$ occurrence of "ka" binding (MM)	4.81	0.092
20.	Proportion of half-bodies of the letter "s" along the vertical axis $\times$ type of oval "a" binding with the finishing stroke (RLMZ)	4.82	-0.120
21.	Type of connection between half-bodies of the letter "w" $\times$ type of connection of the "k" stem with the finishing stroke of the stem (RLZZ)	4.87	-0.152
22.	Type of connection of the "k" stem with the finishing stroke of the stem $\times$ type of connection of the oval with "a" stem (RLZZ)	4.87	-0.213
23.	Proportion of half-bodies of the letter "w" along the horizontal axis $\times$ number of half-bodies of the letter "s" (RLMM)	4.88	-0.122



No.	Analysed pair of features; category of pair is in brackets	Value of $\chi^2$	Value of $\phi$
24.	Number of half-bodies of the letter "s" × type of "a" stem (RLMG)	4.89	-0.140
25.	Type of lower half-body of the letter "k" × place of initiation of the "a" oval (RLGM)	4.90	0.081
26.	Type of lower half-body of the letter "s" × place of initiation of "a" oval (RLGM)	5.03	0.080
27.	Proportion of half-bodies of the letter "w" along the horizontal axis × type of connection of the finishing stroke of the "k" stem with the line of the body (RLMZ)	5.05	0.191
28.	Number of half-bodies of the letter "s" × type of connection of the "a" stem with the finishing stroke (RLMZ)	5.13	-0.144
29.	Place of intersection of the body with the "k" stem × type of "k" stem (SLMG)	5.15	0.082
30.	Type of finishing stroke of the "k" stem × place of initiation of the "a" oval (RLGM)	5.19	0.106
31.	Type of connection of half-bodies of the letter "k" × type of connection of "k" stem with the finishing stroke of the stem (SLZZ)	5.33	0.113
32.	Type of connection of the oval with the "a" stem × occurrence of "a" stem (SLZM)	5.37	0.169
33.	Type of connection of half-bodies of the letter "w" × type of upper half-body of the letter "k" (RLZG)	5.48	-0.122
34.	Type of "a" oval × type of finishing stroke of the letter "a" (SLGG)	5.59	0.085
35.	Type of upper half-body of the letter "k" × place of initiation of the "a" oval (RLGM)	5.61	0.087
36.	Type of "k" stem × occurrence of the "a" stem (RLGM)	5.62	-0.084
37.	Type of finishing stroke of the "k" stem × occurrence of the "ka" binding (GM)	5.62	0.119
38.	Type of lower half-body of the letter "k" × type of "ka" binding (GG)	5.67	0.131
39.	Type of connection of the "s" body with the "sk" binding × number of half-bodies of the letter "s" (SLZM)	5.78	-0.140
40.	Type of first half-body of the letter "w" × place of intersection of the body with the "k" stem (RLGM)	5.79	0.120
41.	Type of lower half-body of the letter "k" × type of connection of the "a" stem with the finishing stroke (RLGZ)	5.80	0.155
42.	Type of connection of the "k" stem with the finishing stroke of the stem × type of "ka" binding (ZG)	5.91	-0.215
43.	Type of connection of half-bodies of the letter "w" × type of second half-body of the letter "w" (SLZG)	6.01	-0.127
44.	Type of upper half-body of the letter "s" × number of half-bodies of the letter "s" (SLGM)	6.19	-0.103
45.	Type of "k" stem × type of connection of the "k" body with the "a" oval (SLGZ)	6.24	-0.147
46.	Type of connection of the "ka" binding with the "a" oval × type of connection of the "a" oval with the finishing stroke (SLZZ)	6.52	0.178
47.	Proportion of half-bodies of the letter "s" along the vertical axis × presence of "...s" binding (mm)	6.80	0.109

No.	Analysed pair of features; category of pair is in brackets	Value of $\chi^2$	Value of $\phi$
48.	Type of connection between half-bodies of the letter "w" × type of connection between half-bodies of the letter "k" (RLZZ)	6.85	-0.136
49.	Type of second half-body of the letter "w" × type of the "k" stem (RLGG)	6.88	-0.136
50.	Proportion of half-bodies of the letter "s" along the vertical axis × type of upper half-body of the letter "k" (RLMG)	6.88	0.111
51.	Type of connection of "sk" binding with "k" stem × type of "a" oval (RLZG)	6.91	0.154
52.	Proportion of half-bodies of the letter "w" along the horizontal axis × place of initiation of the "a" oval (RLMM)	7.01	0.146
53.	Type of connection of the oval with the "a" stem × presence of the finishing stroke of the "k" stem (RLZM)	7.09	-0.177
54.	Type of connection of the "k" stem with the finishing stroke of the stem × type of "a" stem (RLZG)	7.23	-0.243
55.	Type of lower half-body of the letter "k" × type of finishing stroke of the letter "a" (RLGG)	7.29	0.099
56.	Type of upper half-body of the letter "s" × type of "a" stem (RLGG)	7.41	0.192
57.	Type of upper half-body of the letter "k" × presence of "ka" binding (GM)	7.50	0.101
58.	Type of second half-body of the letter "w" × type of upper half-body of the letter "k" (RLGG)	7.51	0.143
59.	Type of connection of the letter set "ka" × presence of the finishing stroke of the "k" stem (GM)	7.63	-0.152
60.	Type of connection of the body of the letter "s" with the "sk" binding × presence of "sk" binding (ZM)	7.72	-0.161
61.	Type of lower half-body of the letter "k" × presence of "a" stem (RLGM)	7.94	0.103
62.	Type of first half-body of the letter "w" × number of half-bodies of the letter "s" (RLGM)	7.99	-0.141
63.	Place of intersection of the body with the "k" stem × type of connection of the "k" stem with the finishing stroke (SLMZ)	8.22	0.136
64.	Type of connection of half-bodies of the letter "k" × presence of the "a" stem (RLZM)	8.31	0.106
65.	Type of connection of the "sk" binding with the "k" stem × presence of the "...s" binding (zm)	8.34	0.182
66.	Type of connection of oval "a" with the finishing stroke × presence of "ka" binding (ZM)	8.37	0.134
67.	Number of half-bodies of the letter "s" × type of connection of the letter "k" with the "a" oval (RLMZ)	8.43	-0.171
68.	Type of second half-body of the letter "w" × number of half-bodies of the letter "w" (SLGM)	8.57	-0.164
69.	Place of intersection of the body with the "k" stem × presence of "a" stem (RLMM)	8.80	0.107
70.	Proportion of half-bodies of the letter "w" along the horizontal axis × type of "ka" binding (MG)	9.00	0.242
71.	Proportion of half-bodies of the letter "w" along the horizontal axis × type of finishing stroke of the letter "a" (RLMG)	9.04	0.167
72.	Type of "k" stem × type of connection of the "a" stem with the finishing stroke (RLGZ)	9.13	-0.192

No.	Analysed pair of features; category of pair is in brackets	Value of $\chi^2$	Value of $\phi$
73.	Type of connection of the "a" oval with the finishing stroke $\times$ presence of the "sk" binding (ZM)	9.15	0.140
74.	Type of upper half-body of the letter "k" $\times$ type of finishing stroke of the "k" stem (SLGG)	9.23	0.149
75.	Type of second half-body of the letter "w" $\times$ presence of "...s" binding (gm)	9.32	-0.169
76.	Type of "k" stem $\times$ type of connection of the "k" stem with the finishing stroke of the stem (SLGZ)	9.36	0.141
77.	Proportion of half-bodies of the letter "s" along the vertical axis $\times$ type of lower half-body of the letter "s" (SLMG)	9.61	0.129
78.	Type of connection of the "k" stem with the finishing stroke of the stem $\times$ type of connection of the finishing stroke of the "k" stem with the line of the body (SLZZ)	9.61	0.171
79.	Type of connection of half-bodies of the letter "w" $\times$ presence of the finishing stroke of the "k" stem (RLZM)	9.87	-0.163
80.	Type of connection of the "sk" binding with the "k" stem $\times$ occurrence of the "sk" binding (ZM)	9.96	0.183
81.	Type of lower half-body of the letter "k" $\times$ type of connection of the "k" stem with the finishing stroke of the stem (SLGZ)	10.19	0.154
82.	Type of lower half-body of the letter "s" $\times$ type of connection of half-bodies of the letter "k" (RLGZ)	10.21	0.118
83.	Proportion of half-bodies of the letter "s" along the vertical axis $\times$ type of upper half-body of the letter "s" (SLMG)	10.26	0.134
84.	Proportion of half-bodies of the letter "w" along the horizontal axis $\times$ occurrence of the "sk" binding (MM)	10.47	0.179
85.	Type of second half-body of the letter "w" $\times$ occurrence of the "sk" binding (GM)	10.69	0.169
86.	Type of connection of half-bodies of the letter "w" $\times$ type of connection of the body of the letter "s" with the "sk" binding (RLZZ)	11.11	0.314
87.	Type of the upper half-body of the letter "k" $\times$ type of connection of the finishing stroke of the "k" stem with the body line (SLGZ)	11.57	0.189
88.	Type of "ka" binding $\times$ type of connection of the "ka" binding with "a" oval (GZ)	12.14	0.192
89.	Type of the upper half-body of the letter "k" $\times$ type of connection of the body of the letter "k" with the "ka" binding (SLGZ)	12.19	0.192
90.	Type of connection of half-bodies of the letter "k" $\times$ occurrence of the "ka" binding (ZM)	12.68	0.131
91.	Type of connection of the oval with the "a" stem $\times$ type of finishing stroke of the letter "a" (SLZG)	12.87	0.240
92.	Occurrence of the "sk" binding $\times$ occurrence of the "ka" binding (MM)	12.95	0.128
93.	Place of intersection of the body with the "k" stem $\times$ occurrence of the finishing stroke of the letter "k" (SLMM)	13.35	0.132
94.	Type of connection of the "k" stem with the finishing stroke of the stem $\times$ type of connection of the "a" stem with the finishing stroke (RLZZ)	13.52	-0.333
95.	Type of connection of the oval with the "a" stem $\times$ type of connection of the "a" stem with the finishing stroke (SLZZ)	14.16	0.251

No.	Analysed pair of features; category of pair is in brackets	Value of $\chi^2$	Value of $\phi$
96.	Proportion of half-bodies of the letter "w" along the horizontal axis $\times$ type of connection of the "k" stem with the finishing stroke of the stem (RLMZ)	14.40	0.293
97.	Type of upper half-body of the letter "k" $\times$ occurrence of the finishing stroke of the "k" stem (SLGM)	14.42	0.140
98.	Type of "ka" binding $\times$ place of initiation of "a" oval (GM)	14.87	0.223
99.	Type of second half-body of the letter "w" $\times$ number of half-bodies of the letter "s" (RLGM)	14.96	-0.200
100.	Type of upper half-body of the letter "k" $\times$ type of lower half-body of the letter "k" (SLGG)	15.57	0.145
101.	Type of finishing stroke of the "k" stem $\times$ occurrence of the "ws" binding (GM)	15.99	0.197
102.	Type of finishing stroke of the "k" stem $\times$ type of connection of the oval with the "a" stem (RLGZ)	16.19	-0.389
103.	Type of connection of the half-bodies of the letter "w" $\times$ occurrence of the "sk" binding (ZM)	16.60	-0.211
104.	Type of "ka" binding $\times$ occurrence of "sk" binding (GM)	16.62	0.237
105.	Type of lower half-body of the letter "k" $\times$ occurrence of "ka" binding (GM)	18.61	0.158
106.	Place of intersection of the body with the "k" stem $\times$ occurrence of the "sk" binding (MM)	18.87	0.157
107.	Type of upper half-body of the letter "s" $\times$ type of upper half-body of the letter "k" (RLGG)	19.07	-0.185
108.	Type of first half-body of the letter "w" $\times$ type of second half-body of the letter "w" (SLGG)	21.28	0.239
109.	Type of finishing stroke of the "k" stem $\times$ type of connection of the finishing stroke of the "k" stem with the body line (SLGZ)	23.94	0.270
110.	Type of connection of the body of the letter "s" with the "sk" binding $\times$ type of lower half-body of the letter "s" (SLZG)	24.32	0.286
111.	Type of upper half-body of the letter "k" $\times$ type of connection of the "k" stem with the finishing stroke of the stem (SLGZ)	24.66	0.243
112.	Place of intersection of the body with the "k" stem $\times$ type of upper half-body of the letter "k" (SLMG)	27.78	0.194
113.	Type of second half-body of the letter "w" $\times$ type of connection of half-bodies of the letter "k" (RLGZ)	27.85	0.275
114.	Type of connection of the oval with the "a" stem $\times$ type of "a" stem (SLZG)	29.15	0.358
115.	Type of connection of the "k" stem with the finishing stroke of the stem $\times$ occurrence of the finishing stroke of the "k" stem (SLZM)	29.59	0.264
116.	Type of connection of the "s" body with the "sk" binding $\times$ type of "sk" binding (ZG)	34.40	0.340
117.	Type of "a" stem $\times$ type of finishing stroke of the letter "a" (SLGG)	35.50	0.379
118.	Type of finishing stroke of the "k" stem $\times$ type of connection of the "k" stem with the finishing stroke of the stem (SLGZ)	36.60	0.280
119.	Type of finishing stroke of the letter "a" $\times$ type of connection of the "a" stem with the finishing stroke (SLGZ)	40.15	0.403
120.	Place of intersection of the body with the "k" stem $\times$ occurrence of "ka" binding (MM)	49.38	0.253

No.	Analysed pair of features; category of pair is in brackets	Value of $\chi^2$	Value of $\phi$
121.	Type of connection of half-bodies of the letter "k" $\times$ type of upper half-body of the letter "k" (SLZG)	51.83	0.265
122.	Place of intersection of the body with the "k" stem $\times$ type of lower half-body of the letter "k" (SLMG)	53.04	0.266
123.	Type of "ka" binding $\times$ occurrence of the "ka" binding (GM)	54.94	0.426
124.	Place of intersection of the body with the "k" stem $\times$ type of connection of the half-bodies of the letter "k" (SLMZ)	71.53	0.311
125.	Type of finishing stroke of the letter "a" $\times$ occurrence of the "a" stem (SLGM)	76.95	0.324
126.	Type of "a" stem $\times$ type of connection of the "a" stem with the finishing stroke (SLGZ)	97.43	0.628
127.	Type of connection of the half-bodies of the letter "k" $\times$ type of lower half-body of the letter "k" (SLZG)	171.66	0.482

RL – pair created by features of different letters; SL – pair created by features of the same letter; M – feature at macrostructural level; G – feature of construction of the finishing stroke; Z – connection feature.

TABLE III. CASES OF NON-RANDOM CO-OCCURRENCE OF NATURAL CHANGES IN PARTICULAR CATEGORIES OF PAIRS

Category of pair	Total number of pairs	Number of pairs with non-random co-occurrence of natural changes	
		Negative value of $\phi$	Positive value of $\phi$
RLMM	19	2	3
RLGG	44	5	5
RLZZ	37	4	1
RLMG (RLGM)	64	4	8
RLMZ (RLZM)	59	5	5
RLGZ (RLZG)	86	4	4
SLMM	4	0	1
SLGG	11	0	5
SLZZ	17	0	5
SLMG (SLGM)	19	2	7
SLMZ (SLZM)	24	1	4
SLGZ (SLZG)	41	2	14

Pairs created by at least one feature relating only to a binding were not taken into consideration in the table; RL – pair created by features of different letters; SL – pair created by features of the same letter; M – feature at macrostructural level; G – feature of construction of stroke; Z – connection feature.

TABLE IV. CASES OF NON-RANDOM CO-OCCURRENCE OF NATURAL CHANGES IN PAIRS IN WHICH FEATURES AT BASIC LEVEL ARE PRESENT

Category of pair	Total number of pairs	Number of pairs with non-random co-occurrence of natural changes	
		Negative value of $\phi$	Positive value of $\phi$
GG	76	6	12
MG (GM)	134	9	26
ZZ	54	4	6
MZ (ZM)	115	9	15

M – feature at macrostructural level; G – feature of construction of stroke; Z – feature of connection.

## DISCUSSION

In the presented research in the case of 127 pairs out of 572 examined pairs (22.2%), a non-random co-occurrence of natural changes of features constituting a pair was ascertained. This allows us to formulate the general conclusion that non-randomness of co-occurrence of changes in constructional features in signatures is a rare phenomenon, relevant only to some pairs. Among the 127 pairs, in 38 cases (6.6% of the examined pairs) the value of the  $\phi$  coefficient was negative, and in 89 (15.6% of the examined pairs) it was positive. A negative value of the  $\phi$  coefficient indicates that the co-occurrence of natural changes of features constituting a pair is significantly rarer than random, and a positive value indicates that co-occurrence is significantly more frequent than random.

Among 89 pairs with a positive value of the  $\phi$  coefficient, 79 cases of weak relationships were observed ( $\phi$  from 0 to 0.300), 9 cases of relationships with a medium strength ( $\phi$  from 0.301 to 0.500), 1 case of a strong relationship ( $\phi$  from 0.501 to 0.700) and no cases with a very strong relationship ( $\phi$  greater than 0.700). One can conclude that in the case of co-occurrence that is significantly more frequent than random, the relationship between natural changes of constructional features in signatures in the overwhelming majority of cases is characterised by weak strength.

Among pairs with non-random co-occurrence of natural changes, 50 pairs created by constructional features of different letters (denoted as RL) were noted, including 26 pairs with a positive value of  $\phi$  coefficient and 24 pairs with a negative value of the  $\phi$  coefficient<sup>2</sup>. The total number of RL amounted

<sup>2</sup> Pairs created by at least one feature related only to a binding (namely type of binding and occurrence of binding) were excluded from this analysis. This was done because bindings are not letters nor elements corresponding to letters, and because of that classification of a pair as RL or SL, which encompass the feature of binding, would be somewhat artificial and, what is even more important, sometimes arbitrary.

to 309. These 50 pairs thus constituted 16.2% of the total number of RL pairs (26 pairs with a positive value of the  $\phi$  coefficient constitute 8.4% of the total number of RL pairs, and 24 pairs with a negative value of the  $\phi$  coefficient constitute 7.8% of the total number of RL).

In the case of pairs created by constructional features of the same letter (denoted as SL), in 41 cases a  $\chi^2$  value exceeding the critical one was observed, and among them in 36 cases a positive value of  $\phi$  was observed, and in 5 cases – a negative value. The total number of SL amounted to 116. These 41 pairs thus constitute 35.3% of the total SL number (36 pairs with a positive value of  $\phi$  coefficient constitute 31% of the total SL number, and 5 pairs with a negative value of  $\phi$  coefficient – 4.3% of the total SL number).

The difference between RL and SL thus stems from the difference between number of pairs with a positive value of  $\phi$  coefficient, namely pairs, for which a significantly higher than random co-occurrence of natural changes of features constituting a pair was observed. For SL, these pairs constitute 31% of the total SL number, for RL, 8.4% of the total RL number. The indicated difference allows us to formulate a detailed statement on the non-randomness of co-occurrence of natural changes in constructional features of handwriting. It states that significantly more frequent than random co-occurrence of natural constructional changes of handwriting occurs almost 4 times more rarely in the case of features of different letters than in the case of features of the same letter. This statement leads to a proposal for a first general law governing co-occurrence of natural changes in handwriting, in accordance with which decreasing of the distance between elements of handwriting is accompanied by a growth in probability of a more frequent than random co-occurrence of natural changes of these elements. A closer analysis of this law and further attempts at its falsification will, however, have to be put aside for now.

At this point, however, the rarity of non-random co-occurrence of natural changes among RL should be emphasised. Such co-occurrence was observed only in 16.2% of cases (50 cases out of a total number of 309 RL). Furthermore, among these 50 cases, none had a strong or very strong relationship, and only in 3 cases was an average strength observed (in the other 47 cases, the relationship was weak). The above allows us to conclude that natural changes in constructional features of different letters very rarely co-occur non randomly, and if they do occur, then the relationship between them is characterised by weak strength. This inclines towards formulation of a statement – important in expert work – on the independence of natural changes of constructional features in different letters, in accordance with which these changes occur randomly. As a consequence, in the case of a collection of samples of natural instabilities determined for constructional features of various letters, they may be treated as indicators that are independent of one another. It should be emphasised that results obtained from the pres-

ent research only authorise formulation of a theorem on the independence of natural constructional changes of various letters. The issue of independence of unnatural changes of the indicated features still remains unsolved.

A closer analysis of Table III allows one to draw the conclusion that significantly more frequent than random co-occurrence of natural changes appears almost two times more rarely for RL created by features at the basic level (denoted as RLPP) than for RL which contain at least one feature at the macrostructural level (denoted as RLPM). Among RLPP, 10 such cases were observed, which constitutes a 6% frequency out of the total number of 167 RLPP. On the other hand, among RLPM, 16 cases were observed, which gives an 11.3% frequency out of a total number of 142 RLPM. The above difference allows one to assert that natural changes of features at the macrostructural level co-occur more often with changes in constructional features of other letters than natural changes of features at the basic level. This allows formulation of a second general law on co-occurrence of natural changes in handwriting, which states that the higher the level of construction to which the natural change relates, the higher the probability of its co-occurrence with other natural changes. However, this law requires further falsification, as attested by the fact that in the present survey there was no such difference for SL as the one described above for RL. Among SL created by features at the basic level (denoted as SLPP), 24 cases of significantly more frequent than random co-occurrence of natural changes were observed, which, out of a total number of 69 SLPP gives a 34.8% frequency. However, among SL that contained at least one feature at the macrostructural level (denoted as SLPM) 12 cases were observed, which gives a 25.5% frequency out of a total number of 47 SLPM. In other words, it was not observed that natural changes of features at the macrostructural level co-occur with other natural changes of the same letter more frequently than natural changes at the basic level co-occur with other natural changes of the same letter. According to the author, this contradiction stems from limitations of the present research, in which only 47 SLPM were examined, and out of these only 4 SLPM created by 2 features at the macrostructural level.

Closer analysis of Table IV leads to the conclusion that significantly more frequent than random co-occurrence of natural changes is observed more rarely for features of connections than for features of constructions of finishing strokes. For pairs created by at least one feature of connections, a 12.4% co-occurrence was observed (21 cases out of a total number of 169 pairs), whereas for pairs created by at least one feature of a finishing stroke construction, co-occurrence was at the level of 18.1% (38 cases out of a total number of 210 pairs)<sup>3</sup>. In the author's opinion, this difference to some extent

---

<sup>3</sup> Pairs created by features of connections and features of stem construction were excluded from this analysis.



supports the second of the two general laws proposed above on co-occurrence of natural changes of handwriting. For connections, which similarly to finishing strokes are elements of the basic level, are characterised by a higher similarity (in comparison with finishing strokes) to elements of the micro-structural level. Natural changes in connections should thus more rarely co-occur with other natural changes than natural changes in finishing strokes (co-occur with other natural changes) and, indeed, this kind of tendency was confirmed in the present research. This regularity becomes even more important, when one takes into account that connections are elements which undergo natural changes more often than elements at the macro-structural level and finishing strokes [8]. Research up to now therefore suggests that connections are elements which change often (the average instability of these connections is 0.4 [8]), and in a significant majority of cases independently from changes in other elements of handwriting. In the author's opinion, this picture should in practice significantly facilitate assessment of differences observed in features of connections.

## CONCLUSIONS

1. In the present research a low frequency (22.2% of the examined pairs) of non-random co-occurrence of natural changes in constructional features in women's signatures were observed (co-occurrence significantly more frequent than random – 15.6% of the examined pairs; co-occurrence significantly less frequent than random – 6.6% of the examined pairs).
2. On the basis of the obtained results, two general, statistical laws governing the co-occurrence of natural changes of handwriting were proposed. The first states that as the distance between elements of handwriting decreases, the probability of more frequent than random co-occurrence of natural changes of these elements increases. The second states that the higher the level of construction to which the natural change relates, the higher the probability of its co-occurrence with other natural changes.
3. On the basis of the obtained results, a theorem on the independence of natural changes of constructional features of different letters was formulated. It states that natural changes of constructional features of different letters co-occur randomly.

## References:

1. Eldridge M. A., The dependence between selected categorical measures of cursive handwriting, *Journal of the Forensic Science Society* 1985, vol. 25, pp. 217–231.
2. Evett I. W., Totty R. N., A study of the variation in the dimensions of genuine signatures, *Journal of the Forensic Science Society* 1985, vol. 25, pp. 207–215.
3. Feluś A., Konieczny J., Korelacja niektórych cech pisma ręcznego, *Archiwum medycyny sądowej i kryminologii* 1984, nr 2, s. 129–131.
4. Huber R. A., Headrick A. M., Handwriting identification: facts and fundamentals, CRC Press, New York 1999.
5. Łomnicki A., Wprowadzenie do statystyki dla przyrodników, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2003.
6. McAlexander T. V., Maguire K. B., Eliminating ill-founded eliminations in handwriting comparison cases, *Journal of the Forensic Science Society* 1991, vol. 31, pp. 331–336.
7. Matuszewski S., Wnioskowanie o niejednorodności próbek pisma, [w:] *Rozprawy z Jałowcowej Góry. Materiały z III Zjazdu Katedr Kryminalistyki*, Wójcikiewicz J. [red.], Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sądowych, Kraków 2004.
8. Matuszewski S., Natural variation in selected constructional features of female signatures, *Problems of Forensic Sciences* 2004, vol. 57, pp. 24–43.
9. Wallner T., Hypotheses of handwriting psychology and their verification, *Professional Psychology* 1975, vol. 6, pp. 8–16.
10. Zakrzewska M., Miary podobieństwa i odległości dla danych dwukategoryjnych wykorzystywane przez SPSS w analizie skupień, [w:] *Metodologia badań psychologicznych. Wybór tekstów*, Brzeziński J. [red.], Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2004.

# WSPÓLWYSTĘPOWANIE NATURALNYCH ZMIAN CECH KONSTRUKCYJNYCH PODPISÓW KOBIEC

Szymon MATUSZEWSKI

## WPROWADZENIE

W literaturze kryminalistycznej wielokrotnie wskazywano na wysoce subiektywny charakter wnioskowania o niejednorodności w ramach ekspertyzy porównawczej pisma ręcznego [4, 6, 7]. Subiektywność ta wynika z głównej mierze z braku metody obiektywnej oceny rozbieżności zaobserwowanych przez eksperta w toku badań porównawczych. Zdaniem autora, metodą umożliwiającą częściowe zobiektywizowanie tej oceny jest metoda obliczania tzw. prawdopodobieństwa niezgodności przypadkowej. Pełny opis metody został już wcześniej opublikowany [7]. W celu naświetlenia przesłanek, jakie legły u podłoża niniejszych badań, poniżej zamieszczono jej skrócony opis, który poprzedzono wyjaśnieniem podstawowych dla tej pracy pojęć.

Zmienność cech pisma to występowanie różnych wartości cech pisma w różnych próbkach pisma. Zmienność ta dzielona jest na zmienność międzyosobniczą (występowanie różnych wartości cech pisma w próbkach pochodzących od różnych osób) i zmienność wewnątrzosobniczą (występowanie różnych wartości cech pisma w próbkach pochodzących od tej samej osoby). Niniejsza praca dotyczy zmienności wewnątrzosobniczej, dalej zatem zostaną objaśnione jedynie pojęcia z nią związane. Pojęciem o znaczeniu podstawowym jest pojęcie zmiany cechy pisma. Na użytek niniejszej pracy przyjęto, że zmianą cechy pisma jest taka wartość badanej cechy, która stanowi odstępstwo od wartości utrwalonej w piśmie danej osoby. O zmianie cechy pisma możemy mówić tylko w przypadku odpowiednio licznego zbioru próbek pisma. Tylko wtedy możliwe jest bowiem wiarygodne ustalenie, która wartość badanej cechy jest wartością utrwaloną i – w konsekwencji – która wartość (albo wartości) stanowi zmianę cechy pisma.

Zmiany cech pisma – a w efekcie zmienność wewnątrzosobniczą cech pisma – można podzielić na zmiany zamierzone i niezamierzone [8, 9]. Ze zmianą zamierzoną mamy do czynienia wtedy, gdy piszący celowo wprowadza do aktualnie sporządzanej próbki pisma taką wartość danej cechy, która jest odstępstwem od wartości utrwalonej. Natomiast zmiana niezamierzona to taka zmiana, która pojawia się w aktualnie sporządzanej próbce pisma pomimo braku po stronie piszącego zamiaru zmiany danej cechy.

Zmiany niezamierzone cech pisma – i w konsekwencji zmienność niezamierzona cech pisma – można podzielić na zmiany naturalne i nienaturalne [8, 9]. Zmiana nienaturalna to zmiana niezamierzona wywołana sporządzeniem próbki pisma w sytuacji z jakiegoś względu nienaturalnej. Należy tutaj wskazać, że nienaturalność szeroko rozumianej sytuacji pisania powoduje każdy element tej sytuacji, który zarazem istotnie wpływa na czynność pisania, jak i odbiega od typowych warunków, w których piszący uczył się pisać (przykładem takiego elementu może być wymuszony sytuacją pośpiech w sporządzaniu próbki albo nietypowa pozycja przy pisaniu,

jaką jest dla większości piszących np. pozycja na stojąco przy okienku na poczcie). Zmiana naturalna to z kolei zmiana niezamierzona wynikająca z samej natury czynności pisania. Zmiany naturalne – co wynika z ich istoty – pojawiają się we wszystkich próbkach pisma, również tych, które sporządzono przy braku jakiegokolwiek nienaturalnego elementu sytuacji pisania. W takich badaniach, jak tu opisane, należy zatem wyeliminować nienaturalne elementy sytuacji pisania, aby uzyskać próbki pisma zawierające wyłącznie zmiany naturalne. Mając powyższe na uwadze, na użytek niniejszych badań zdecydowano się pobierać materiał badawczy w takich warunkach, w jakich piszący zwykle uczą się pisać (dla olbrzymiej większości osób jest to pozycja na siedząco przy stole, przy niezakłóconym funkcjonowaniu układu nerwowego, sprawnym aparacie ruchowym itd.). Dla pełnej jasności podział zmienności cech pisma pokazano schematycznie na rycinie 1.

Prawdopodobieństwo niezgodności przypadkowej – określane również jako prawdopodobieństwo niezgodności niezamierzonej – jest prawdopodobieństwem zdarzenia polegającego na zaistnieniu danego zespołu rozbieżności w następstwie niezamierzonej zmienności materiału kwestionowanego<sup>1</sup>. Prawdopodobieństwo to jest obliczane przy hipotetycznym założeniu, że wykonawcą materiału kwestionowanego i porównawczego jest ta sama osoba, a zaobserwowane rozbieżności są konsekwencją właśnie niezamierzonej zmienności materiału kwestionowanego. Wielkość tego prawdopodobieństwa pozwala na obiektywną ocenę zaobserwowanych rozbieżności z perspektywy niezamierzonej zmienności cech, w ramach których rozbieżności te stwierdzono. Metoda jego obliczania wykorzystuje niestabilność cechy pisma – wskaźnik niezamierzonej zmienności cech pisma. Wskaźnik ten definiowany jest jako częstość występowania w analizowanym zbiorze próbek pisma (w praktyce opiniowania będzie to zbiór próbek porównawczych) innych wartości rozpatrywanej cechy niż wartość utrwalona (nazywana utrwalonym wzorcem). Wartość utrwalona definiowana jest natomiast jako wartość występująca najczęściej w analizowanym zbiorze.

Metoda obliczania prawdopodobieństwa niezgodności przypadkowej jest dwuetapowa. W pierwszym etapie obliczana jest niestabilność tych cech, w obrębie których zanotowano rozbieżność. Dla pojedynczej cechy polega to na ustaleniu liczby egzemplarzy materiału porównawczego charakteryzujących się inną wartością danej cechy niż wartość utrwalona, a następnie podzieleniu tej liczby przez liczbę wszystkich egzemplarzy. Ustalona w ten sposób niestabilność odpowiada prawdopodobieństwu zdarzenia polegającego na zaistnieniu rozbieżności w ramach rozpatrywanej cechy w następstwie niezamierzonej zmiany materiału kwestionowanego. Drugi etap sprowadza się natomiast do obliczenia prawdopodobieństwa niezgodności przypadkowej. Aby to uczynić, należy jednak najpierw odpowiedzieć na pytanie, czy niestabilności cech ustalone w etapie poprzednim są od siebie niezależne. W razie odpowiedzi twierdzącej, dla uzyskania prawdopodobieństwa niezgodności przypadkowej wystarczy przemnożenie uzyskanych niestabilności. W przypadku odpowiedzi przeczącej konieczne jest zastosowanie innego sposobu obliczania szukanego prawdopodobieństwa, np. uwzględnienie w obliczeniach tylko niektórych niestabilności.

<sup>1</sup> Należy podkreślić, że prawdopodobieństwo niezgodności przypadkowej umożliwia ocenę rozbieżności wyłącznie z perspektywy niezamierzonej zmienności cech, w ramach których rozbieżności zaobserwowano. Wielkość ta nie służy natomiast do oceny rozbieżności z perspektywy zmienności zamierzonej.

Z perspektywy praktycznego wykorzystania opisywanej metody kluczowego znaczenia nabiera zatem problem niezależności niestabilności cech pisma. W prezentowanym ujęciu, niestabilność cechy pisma jest miarą częstości występowania zmian niezamierzonych danej cechy w piśmie określonej osoby. W konsekwencji to właśnie zmiany niezamierzone decydują o wysokości niestabilności. Problem niezależności niestabilności cech pisma może być zatem sprowadzony do problemu niezależności pojawiania się zmian niezamierzonych w piśmie ręcznym. Mając powyższe na uwadze, problem niezależności niestabilności skonkretyzowano jako pytanie, czy zmiany niezamierzone cech pisma ręcznego współwystępują losowo – czyli niezależnie od siebie, czy nielosowo – czyli zależnie od siebie. Prezentowane badania stanowią próbę uzyskania częściowej odpowiedzi na postawione powyżej pytanie.

Według wiedzy autora, dotychczas nie prowadzono systematycznych badań losowości współwystępowania niezamierzonych zmian cech pisma ręcznego. Badano jedynie współzmiennność niektórych cech mierzalnych [2, 3] oraz zależność pomiędzy wartościami (wariantami) niektórych cech konstrukcyjnych [1]. Niniejsze badanie jest zatem pierwszym systematycznym badaniem losowości współwystępowania niezamierzonych zmian cech pisma ręcznego. W badaniu analizowano współwystępowanie jedynie zmian naturalnych, pozostawiając nierozwiązany problem losowości współwystępowania zmian nienaturalnych. Ponadto zbadano współwystępowanie zmian naturalnych tylko wybranych cech konstrukcyjnych, czyniąc przy tym przedmiotem badania wyłącznie podpisy młodych, wykształconych kobiet.

## MATERIAŁ I METODY

### Osoby badane

W badaniach brało udział 18 studentek (wiek 21–27 lat; średnia 22,2 roku). Kryterium doboru osób badanych było brzmienie końcówki nazwiska, którą stanowił zespół literowy „wska” (9 osób) bądź „ska” (9 osób).

### Materiał badawczy

Badaniom poddano podpisy pełnobraźniące (imię i nazwisko) składane własnym narzędziem pisarskim w pozycji siedzącej przy stole, na gładkich kartkach formatu A5, w miejscu wykropkowanym, z prawej strony pod zdaniem o brzmieniu „potwierdzam udział w konwersatoriach z kryminalistyki”. Analizowano 45 podpisów każdej uczestniczki (w trzech przypadkach 40 podpisów, w jednym 43) składanych jednorazowo po 5, w odstępach tygodniowych lub dłuższych, przez okres 15 tygodni. W przypadku każdej uczestniczki badano zatem zbiór podpisów składający się z 9 (albo 8) podzbiorów liczących 5 podpisów każdy. Jeżeli stwierdzano możliwość zadziałania czynnika wywołującego nienaturalne zmiany pisma, próbkę wyłączano z dalszej analizy.

### Analizowane cechy

Analizie poddano naturalne zmiany 36 cech konstrukcyjnych zespołów literowych „wska” i „ska”. W tabeli I zamieszczono nazwy badanych cech. Ich szczegółowy opis zawiera moja wcześniejsza praca [8].

## Metoda badania

Każdy z 45 podpisów tworzących zbiór podpisów osoby badanej poddano analizie cech (zaklasyfikowaniu do odpowiedniej wartości we wszystkich nadających się do tego cechach katalogu). Następnie dla każdej osoby i każdej cechy ustalono wartość utrwaloną (jest to wartość występująca w analizowanym zbiorze najczęściej, czyli tzw. wartość modalna analizowanego zbioru). Wartości tej przyporządkowano cyfrę 1. Cyfra 1 jest zatem równoznaczna ze stwierdzeniem, że rozpatrywaną próbkę charakteryzuje brak naturalnej zmiany analizowanej cechy. Natomiast wartościom pozostałym (to znaczy wartościom innym niż wartość utrwalona) przyporządkowano cyfrę 0. Cyfra 0 jest zatem równoznaczna ze stwierdzeniem, że rozpatrywaną próbkę charakteryzuje występowanie naturalnej zmiany analizowanej cechy. W ten sposób otrzymano dla każdej osoby arkusz badawczy, w którym w kolumnach przyporządkowanych poszczególnym cechom znajdowały się cyfry 1 (brak zmiany) i 0 (występowanie zmiany).

Kolejnym etapem było utworzenie arkusza zbiorczego poprzez połączenie arkuszy wszystkich 18 osób badanych. Po utworzeniu arkusza zbiorczego przystąpiono do właściwych analiz cząstkowych. W przypadku każdej analizy cząstkowej w pierwszej kolejności wybierano parę cech, dla której badano współwystępowanie zmian naturalnych (cechy  $x$  i  $y$ ). Następnie weryfikowano – posługując się testem  $\chi^2$  Pearsona – cząstkową hipotezę zerową, która w każdym przypadku sprowadzała się do twierdzenia, że naturalne zmiany cechy  $x$  współwystępują losowo z naturalnymi zmianami cechy  $y$ . Dla każdej pary cech tworzone zatem tabelę dwudzielczą ukazującą obserwowane częstości współwystępowania naturalnych zmian analizowanych cech. Na podstawie częstości obserwowanych obliczano częstości oczekiwane czyli częstości, które powinny wystąpić przy losowym współwystępowaniu naturalnych zmian analizowanych cech. Następnie obliczano wartość  $\chi^2$ , którą porównywano z wartością krytyczną (dla liczby stopni swobody  $df = 1$  oraz poziomu istotności 0,05 wynosi ona 3,841 [5]). W następstwie tego porównania podejmowano decyzję o odrzuceniu albo przyjęciu hipotezy zerowej. W przypadku, gdy otrzymana wartość  $\chi^2$  była równa lub większa od wskazanej powyżej wartości krytycznej, hipotezę odrzucano. W przypadku, gdy otrzymana wartość  $\chi^2$  była mniejsza od wartości krytycznej, hipotezę przyjmowano.

Ponadto dla każdej pary cech obliczano wartość współczynnika  $\phi$  Yule'a, który jako miara korelacji zmiennych nominalnych w tabeli dwudzielczej umożliwia ocenę zarówno rodzaju, jak i siły związku między zmiennymi [10]. Jego wartość może się zmieniać od  $-1$  do  $1$  ( $0$  oznacza brak związku między zmiennymi;  $-1$  i  $1$  oznaczają odpowiednio ujemny i dodatni związek idealny) [10].

## WYNIKI

Pośród 630 par cech możliwe było zbadanie losowości współwystępowania naturalnych zmian 572 par. W przypadku pozostałych 58 par było to niewykonalne albo z powodu niemożliwości utworzenia tabeli dwudzielczej z częstościami obserwowanymi, albo z powodu zbyt niskich wartości częstości oczekiwanych.

Na ogólną liczbę 572 par cech w 127 przypadkach stwierdzona wartość  $\chi^2$  przekroczyła wartość krytyczną. Innymi słowy, w przypadku 127 par cech (na 572 pary

analizowane) odrzucono hipotezę o losowości współwystępowania zmian naturalnych (co było równoznaczne z przyjęciem hipotezy, iż zmiany te współwystępują częściej albo rzadziej niż losowo). Tabela II zawiera zestawienie tych par. W tabelach III i IV zestawiono natomiast liczby par o nielosowym współwystępowaniu zmian naturalnych w poszczególnych kategoriach. Z powodów wskazanych w dalszej części pracy w tabeli III nie uwzględniono tych par, w skład których wchodzi przynajmniej jedna cecha odnosząca się wyłącznie do wiązania.

## DYSKUSJA WYNIKÓW

W prezentowanych badaniach w przypadku 127 par na 572 pary badane (22,2%) stwierdzono nielosowe współwystępowanie naturalnych zmian cech tworzących parę. Pozwala to na sformułowanie ogólnego wniosku, że nielosowość współwystępowania naturalnych zmian cech konstrukcyjnych podpisów jest zjawiskiem rzadkim, aktualnym jedynie w odniesieniu do niektórych par. Spośród owych 127 par w 38 przypadkach (6,6% badanych par) stwierdzono ujemną, a w 89 (15,6% badanych par) dodatnią wartość współczynnika  $\phi$ . Ujemna wartość współczynnika  $\phi$  wskazuje na istotnie rzadsze niż losowe współwystępowanie naturalnych zmian cech tworzących parę, natomiast wartość dodatnia na współwystępowanie istotnie częstsze niż losowe.

Wśród 89 par o dodatniej wartości współczynnika  $\phi$  zanotowano 79 przypadków związku o słabej sile ( $\phi$  od 0 do 0,300), 9 przypadków związku o umiarkowanej sile ( $\phi$  od 0,301 do 0,500), 1 przypadek związku o dużej sile ( $\phi$  od 0,501 do 0,700) oraz żadnego przypadku związku o bardzo dużej sile ( $\phi$  powyżej 0,700). Pozwala to na wyciągnięcie wniosku, że w razie współwystępowania istotnie częstszego niż losowe związku pomiędzy naturalnymi zmianami cech konstrukcyjnych podpisów w przeważającej większości przypadków charakteryzuje się słabą siłą.

Pośród par o nielosowym współwystępowaniu zmian naturalnych zanotowano 50 par utworzonych przez cechy konstrukcyjne różnych liter (oznaczanych jako RL), w tym 26 par o dodatniej wartości współczynnika  $\phi$  oraz 24 pary o ujemnej wartości współczynnika  $\phi^2$ . Ogólna liczba RL wynosiła natomiast 309. Owe 50 par stanowi zatem 16,2% ogólnej liczby RL (26 par o dodatniej wartości współczynnika  $\phi$  stanowi 8,4% ogólnej liczby RL, a 24 pary o ujemnej wartości współczynnika  $\phi$  7,8% ogólnej liczby RL).

Jeżeli chodzi o pary utworzone przez cechy konstrukcyjne tej samej litery (oznaczane jako SL), to wartość  $\chi^2$  przekraczającą wartość krytyczną stwierdzono w 41 przypadkach, w tym w 36 przypadkach zanotowano wartość dodatnią współczynnika  $\phi$ , a w 5 przypadkach wartość ujemną. Ogólna liczba SL wynosiła 116. Owe 41 par stanowi zatem 35,3% ogólnej liczby SL (36 par o dodatniej wartości współczynnika  $\phi$  stanowi 31% ogólnej liczby SL, a 5 par o ujemnej wartości współczynnika  $\phi$  4,3% ogólnej liczby SL).

---

<sup>2</sup> Z analizy tej wyłączono pary utworzone przez przynajmniej jedną cechę odnoszącą się wyłącznie do wiązania (czyli typ wiązania oraz występowanie wiązania). Uczyniono tak dlatego, że wiązania nie są literami ani elementami odpowiadającymi literom, w związku z czym zaliczenie do RL bądź SL pary, w skład której wchodzi cecha wiązania, byłoby nieco sztuczne i, co ważniejsze, niejednokrotnie dowolne.

Różnica pomiędzy RL a SL wynika zatem z różnicy w zakresie liczby par o dodatniej wartości współczynnika  $\phi$ , czyli par, dla których stwierdzono istotnie częstsze niż losowe współwystępowanie naturalnych zmian cech tworzących parę. Dla SL pary te stanowią 31% ogólnej liczby SL, dla RL 8,4% ogólnej liczby RL. Wskazana różnica pozwala na sformułowanie szczegółowego twierdzenia o nielosowości współwystępowania naturalnych zmian cech konstrukcyjnych pisma. Mówi ono, że istotnie częstsze niż losowe współwystępowanie naturalnych zmian cech konstrukcyjnych pisma zachodzi niemal czterokrotnie rzadziej w przypadku cech różnych liter niż cech tej samej litery. Twierdzenie to skłania do zaproponowania pierwszego ogólnego prawa rządzącego współwystępowaniem naturalnych zmian pisma, zgodnie z którym zmniejszaniu się odległości pomiędzy elementami pisma towarzyszy wzrost prawdopodobieństwa częstszego niż losowe współwystępowania naturalnych zmian tych elementów. Bliższa analiza tego prawa oraz dalsze próby jego falsyfikacji muszą zostać jednak odłożone.

W tym miejscu należy natomiast zwrócić uwagę na rzadkość nielosowego współwystępowania naturalnych zmian wśród RL. Współwystępowanie takie stwierdzono jedynie w 16,2% przypadków (50 przypadków na ogólną liczbę 309 RL). Ponadto spośród owych 50 przypadków w żadnym z nich siła związku nie była duża ani bardzo duża, a tylko w 3 przypadkach stwierdzono siłę umiarkowaną (pozostałe 47 przypadków stanowił związek o słabej sile). Powyższe pozwala na wyciągnięcie wniosku, iż naturalne zmiany cech konstrukcyjnych różnych liter bardzo rzadko współwystępują nielosowo, a jeżeli nawet występują, to związek między nimi charakteryzuje się słabą siłą. Skłania to zatem do sformułowania – istotnego dla praktyki opiniodawczej – twierdzenia o niezależności naturalnych zmian cech konstrukcyjnych różnych liter, zgodnie z którym wskazane zmiany współwystępują losowo. W konsekwencji w przypadku zbioru próbek naturalnych niestabilności ustalone dla cech konstrukcyjnych różnych liter mogą być traktowane jako wskaźniki od siebie niezależne. Należy tutaj podkreślić, że wyniki uzyskane w rezultacie niniejszego badania upoważniają do sformułowania twierdzenia o niezależności wyłącznie naturalnych zmian cech konstrukcyjnych różnych liter. Problem niezależności zmian nienaturalnych wskazanych cech pozostaje zatem nadal problemem nierozwiązanym.

Bliższa analiza tabeli III pozwala na sformułowanie wniosku, że istotnie częstsze niż losowe współwystępowanie zmian naturalnych występuje niemal dwukrotnie rzadziej dla RL utworzonych przez cechy poziomu podstawowego (dalej oznaczane jako RLPP) niż dla RL, w skład których wchodzi co najmniej jedna cecha poziomu makrostrukturalnego (dalej oznaczane jako RLPM). Wśród RLPP zanotowano bowiem 10 takich przypadków, co przy ogólnej liczbie 167 RLPP daje częstość 6%. Natomiast wśród RLPM stwierdzono 16 przypadków, co przy ogólnej liczbie 142 RLPM daje częstość 11,3%. Powyższa różnica uprawnia do twierdzenia, iż naturalne zmiany cech poziomu makrostrukturalnego częściej współwystępują ze zmianami cech konstrukcyjnych innych liter aniżeli naturalne zmiany cech poziomu podstawowego. Pozwala to na zaproponowanie drugiego ogólnego prawa rządzącego współwystępowaniem naturalnych zmian pisma, które mówi, że im wyższy poziom konstrukcji, którego dotyczy naturalna zmiana, tym wyższe prawdopodobieństwo jej współwystępowania z innymi naturalnymi zmianami. Prawo to wymaga jednak dalszych prób falsyfikacji. O potrzebie takich prób przesądza fakt, iż w niniejszych badaniach dla SL nie stwierdzono takiej różnicy, jak opisana powyżej dla RL. Wśród SL utworzo-



nych przez cechy poziomu podstawowego (dalej SLPP) zanotowano bowiem 24 przypadki istotnie częstszego niż losowe współwystępowania zmian naturalnych, co przy ogólnej liczbie 69 SLPP daje częstość 34,8%. Natomiast wśród SL, w skład których wchodzi co najmniej jedna cecha poziomu makrostrukturalnego (dalej SLPM), stwierdzono 12 przypadków, co przy ogólnej liczbie 47 SLPM daje częstość 25,5%. Innymi słowy, nie zaobserwowano, aby naturalne zmiany cech poziomu makrostrukturalnego częściej aniżeli naturalne zmiany cech poziomu podstawowego współwystępowały z innymi naturalnymi zmianami tej samej litery. Zdaniem autora sprzeczność ta wynika z ograniczeń niniejszych badań, w których zbadano tylko 47 SLPM, w tym jedynie 4 SLPM utworzone przez 2 cechy poziomu makrostrukturalnego.

Bliższa analiza tabeli IV pozwala natomiast na wniosek, że istotnie częstsze niż losowe współwystępowanie zmian naturalnych obserwuje się rzadziej dla cech złączeń aniżeli dla cech konstrukcji gramm. Dla par utworzonych przez co najmniej jedną cechę złączeń zaobserwowano bowiem takie współwystępowanie na poziomie 12,4% (21 przypadków na ogólną liczbę 169 par), natomiast dla par utworzonych przez co najmniej jedną cechę konstrukcji gramm na poziomie 18,1% (38 przypadków na ogólną liczbę 210 par)<sup>3</sup>. Zdaniem autora, różnica ta w pewnym stopniu podbudowuje drugie spośród zaproponowanych powyżej ogólnych praw rządzących współwystępowaniem naturalnych zmian pisma. Złączenia, które podobnie jak grammy są elementami poziomu podstawowego, cechuje bowiem w zestawieniu z grammami większe podobieństwo do elementów poziomu mikrostrukturalnego. Naturalne zmiany złączeń winny zatem rzadziej aniżeli naturalne zmiany gramm współwystępować z innymi naturalnymi zmianami i właśnie tego rodzaju prawidłowość potwierdzono w niniejszych badaniach. Prawidłowość ta zyskuje na znaczeniu, jeżeli uwzględnić, że złączenia są tymi elementami, które podlegają naturalnym zmianom częściej niż elementy poziomu makrostrukturalnego oraz grammy [8]. Z dotychczasowych badań wyłania się zatem obraz złączeń jako elementów zmieniających się często (średnia niestabilność cech złączeń wynosi 0,4 [8]) oraz w znacznej większości przypadków niezależnie od zmian innych elementów pisma. Zdaniem autora, obraz ten powinien w praktyce znacznie ułatwić ocenę rozbieżności zaobserwowanych w ramach cech złączeń.

#### WNIOSKI

1. W badaniach stwierdzono niską częstość (22,2% badanych par) nielosowego współwystępowania naturalnych zmian cech konstrukcyjnych podpisów kobiet (współwystępowanie istotnie częstsze niż losowe – 15,6% badanych par; współwystępowanie istotnie radsze niż losowe – 6,6% badanych par).
2. W oparciu o otrzymane wyniki zaproponowano dwa ogólne, statystyczne prawa rządzące współwystępowaniem naturalnych zmian pisma. Pierwsze głosi, że wraz ze zmniejszaniem się odległości pomiędzy elementami pisma wzrasta prawdopodobieństwo częstszego niż losowe współwystępowania naturalnych zmian tych elementów. Drugie mówi, że im wyższy jest poziom konstrukcji, którego dotyczy naturalna zmiana, tym wyższe prawdopodobieństwo jej współwystępowania z innymi naturalnymi zmianami.

<sup>3</sup> Z analizy tej wyłączono pary utworzone przez cechy złączeń oraz cechy konstrukcji gramm.

3. Na podstawie uzyskanych wyników sformułowano twierdzenie o niezależności naturalnych zmian cech konstrukcyjnych różnych liter. Mówi ono, że naturalne zmiany cech konstrukcyjnych różnych liter współwystępują losowo.