



BUFFER ZONE AND CIRCLE THEORY ON THE EXAMPLE OF BURGLARIES AND ROBBERIES

Michał GÓRSKI

College of Inter-Faculty Individual Studies in Mathematics and Natural Sciences, University of Warsaw, Warsaw, Poland

Abstract

In the current study, Canter and Larkin's (1993) circle theory was subjected to an empirical test on a Polish sample of burglaries and robberies. Although in the case of burglaries the percentage of marauders was consistent with the results of foreign research, in the case of robberies, this percentage was surprisingly low. The dependence of the maximum distance travelled on the maximum distance between crimes allowed to draw conclusions about the existence of a buffer zone in both types of offenses. In addition, a hypothesis whether it is possible to predict if the perpetrator is a commuter or a marauder before his apprehension was verified. The results indicate in a significant way that it is possible to apply geographic profiling on the Polish population of perpetrators.

Keywords

Circle theory; Commuters; Marauders; Journey to crime; Geographic profiling.

Received 7 July 2018; accepted 21 August 2018

Geographical profiling is a set of methods allowing you to indicate the probable location of an unknown perpetrator of a series of crimes. This is a method with a relatively short history, dating back to the end of the 20th century and beginning of the 21st century. One of the pioneering works in this area is an article by Canter and Larkin, published in 1993. The authors focus on the way the perpetrators of serial events make use of a specific area for searching out and attacking targets and on this basis they divide perpetrators into marauders and commuters. As a result, a simplified model for classifying perpetrators of serial crimes was developed. This classification is carried out as follows: for each series of events, a circle is created, the diameter of which is the line connecting the two most distant events. It should be noted that not necessarily all events in a given series must be located inside the area created in such a way.

The aim of this circle is an approximation of the space that Canter and Larkin call the criminal range, i.e. the area of criminal activity. It is the area in which the offender perpetrates crimes and searches new targets. If the perpetrator of a given series of events resides within the described circle, it means that his/her area of criminal activity is identical to or significantly overlaps with his/her area of everyday activity. The authors called the group of these stable perpetrators *marauders*. If the offender lives outside the designated district, his or her area of daily activity is separated from the area of criminal activity. The authors called this group of mobile perpetrators *commuters*. Thus, the model based on creating the circles is the method which facilitates the classification of perpetrators.

It was assumed that the vast majority of perpetrators should be of the first type, and this was so in Canter and Larkin's original study (1993) of serial perpe-

trators of rape. The results indicated that as many as 87% of the perpetrators of rape live within the circle drawn in the described way. In their original research, the authors used only the place of residence of the perpetrator to create a division into marauders or commuters. Rossmo (2000), who introduced the concept of the anchor point, assumes a different approach to the problem. According to him, the place from which the perpetrator begins the search for new targets is the point of anchor. It is usually his/her place of residence, however, it does not necessarily have to be the case. As a result, the place of residence might be placed beyond the circle created according to Canter's model, but the point of anchor may be within. Paulsen (2007) decided to modify Canter's typology and in his research he included amongst marauders all those with any anchor point located inside the circle created on the basis of the most distant events. This, of course, required an in-depth manual analysis of each series in order to find the right place.

It should also be remembered that such a created circle may encompass a huge area. The mere delineating of circles is not a good method for the effective proceedings of the law enforcing agencies. In order to create a tool for prioritizing suspects, it is necessary to use an additional method allowing determination of the probability of the presence of the perpetrator inside the circle (Paulsen, 2007).

Warren, Reboussin and Hazelwood (1995) proposed a slightly different method of dividing the perpetrators. Instead of using the circle created by Canter and Larkin's method, the authors suggested encompassing all events with the smallest possible convex polygon. The results obtained by this method may vary, but it is not often used in studies.

According to the Meaney (2004) study on serial perpetrators of crimes, amongst burglars only 35% were assigned to the marauders group. According to the same research, as many as 90% and 93% of perpetrators of arson and sexual attacks were classified as marauder. The fact that in the case of burglars there is a small percentage of marauders is confirmed by Kocsis, Cooksey, Irwin, and Allen (2002). In their study as many as 50% of the perpetrators were included in the commuters group. However, minor methodological differences should be noted. In the aforementioned study by Meaney (2004), a series of burglaries had to consist of (at least) three events to be included in the analysis. Additionally, the author imposed the condition that crimes should occur at least one day apart from each other. This is linked, among other things, to the definition of serial events. In turn, in the research by Kocsis et al. (2002), a series of burglaries had to

consist of at least two events. Hence the differences between the results of research on the same type of events obtained by Meaney (2004) and Kocsis et al. (2002) should be treated with caution. As this example shows, there is currently no consensus among researchers as to the minimum number of events necessary to include them in research. This problem is even more acute concerning the possible application of the results in practice.

While creating the geographical profile, the author should take into account how likely it is that the perpetrator of series of events belongs to the group of marauders. Rossmo (2000) in his book states that in order to create a geographical profile it is necessary to be able to distinguish at least five different locations of events. This means that the group of crimes for which profiles are created is a specifically selected subgroup of the collection on which research analyses have been conducted. It is obvious that any conclusions drawn in this way from the research are burdened with a certain additional error, since the group we want to draw conclusions about is not equivalent to the group we use as a basis for formulating these conclusions. In addition, an excessive increase in the minimum number of events may significantly reduce the research group, making it difficult or even impossible to conduct analyses.

To sum up, the selection of the number of events that are required to be recognized as a series (as well as the existence of additional conditions) has not only theoretical effects (the possibility of comparing with results obtained by other researchers), but also practical effects. Importantly, there is no standard approach at the moment and the selection methods used are a kind of compromise between what is available (the amount of research material), and the desire to obtain the best possible source with series with a high number of events.

Another difficulty associated with the type of research material is its accuracy. Studies on the geographical distribution of events make use of both police data (e.g. Bennell, Jones, 2005) and court convictions (e.g. Canter, Larkin, 1993). Both methods have their advantages; operating on the basis of convictions, it can be assumed that the given person has actually carried out the acts attributed to him or her. On the other hand, there are probably events perpetrated by the offender of which he, or she, has not been convicted due to the lack of evidence. As a result, only part of the acts committed by the offender will be taken into account in the course of the investigation on the basis of judicial data. The second possibility is, when conducting research, to take into account events only on

the basis of accusations or police data. In such a situation, we increase the probability that there are crimes wrongly attributed to a given perpetrator in a given set (of crimes).

While using geographical profiling, one of the foremost and the most basic problems is the differentiation of linked events constituting a series. The problem was previously discussed in Górski's text (2017) and will not be analysed further here.

For many years, researchers have been drawing attention to the relationship whereby perpetrators of crimes against property more often cover long distances in order to commit a crime than perpetrators of crimes against life and health (e.g. Meaney, 2004). Such a relationship was already noticed by White in 1932. As a consequence, a greater number of commuters should be expected in the case of offences against property, and studies confirm this (e.g. Meaney, 2004).

In the original research by Canter and Larkin (1993), apart from creating a division into marauders and commuters, the authors drew attention to other additional characteristics of the examined group of events. The research primarily analysed the interdependence between two variables. The first was the maximum distance between events in a series (the diameter of the circle created on the basis of Canter's theory of circles). The other variable is the distance between the offender's place of residence and the most distant event – in other words, the maximum of distance in order to commit the crime. A high correlation was observed between the described variables. This relationship was very strong; the correlation coefficient was 0.93, with a significance of $p < 0.001$. The regression equation was $y = 0.84x + 0.61$ (it should be remembered that during the interpretation the calculations were done in miles). The results suggested that although the majority of perpetrators were classified as marauders, their place of residence was not close to the centre of the circle, but more by the edge of the circle. Additionally, it was noted that the mean minimum distance covered by the perpetrators of crimes was 1.53 miles (2.46 km), which is much higher than that resulting from the value of the intercept parameter in the regression equation. According to the authors, this indicates that the perpetrators maintain a certain distance from their place of residence, the so-called buffer zone.

In a study by Meaney (2004), he continued to test Canter's theory, analysing the distance covered by perpetrators in order to commit the first and last crime in a series. The aim of this test was to check whether the perpetrators, when searching for new available targets, cover ever greater distances. For all three groups (per-

petrators of burglaries, arsons, and sexual attacks) the results confirmed this theory, with the mean distance covered for the last event in the series being greater than for the first event.

Paulsen (2007) argues that it is important to know whether the perpetrator is marauder or commuter before detecting a perpetrator. Since geographical profiling works best for marauders, it is important to be able to assess what type of series we are dealing with as early as possible. In the created logistic regression model, Paulsen was able to predict with a probability of about 80% whether a perpetrator is a marauder. Importantly, in his analysis the author only took into account variables known to investigators during searches for a perpetrator; thus results of such an analysis might reflect the effects of its use in practice. In his research, Goldschneider (2012) points at the existence of the buffer zone, while Górski (2018) shows the lack or a slight area of a buffer zone in the Polish population of the perpetrators of burglaries and robberies. It is therefore worthwhile to take a closer look at the spatial behaviour of the perpetrators of serial events, and to establish, by means of other methods, whether the perpetrators try to keep a certain minimal distance.

Unfortunately, according to the author's best knowledge, so far there has been no test of the Canter theory on a Polish sample of perpetrators of crimes. In view of the growing interest in geographical profiling, it is necessary to know the characteristics of the national population of perpetrators.

Current research

The publication by Canter and Larkin (1993) is one of the most important in this field, and it is worthwhile conducting a test of the detected dependencies on a Polish group of perpetrators. The analysis of a series of burglaries and robberies in Warsaw found below undertakes the task. The following hypotheses were put forward in the study:

1. Perpetrators of burglaries will be classified less frequently as marauders than perpetrators of robberies.
2. In both groups there is a relationship between the maximum distance covered and the maximum distance between events.
3. In both groups the distance covered by the perpetrators in order to execute the first incident in the series will be smaller than the distance to the last incident.
4. The intercept parameter of the regression equation will be less than the mean minimum distance travelled, indicating that a buffer zone is maintained for serial perpetrators.

An open research question was also posed:

Is it possible to predict the type of perpetrator (marauder or commuter) on the basis of spatial variables known before the detection of the perpetrator?

All analyses were performed in the R 3.5.0 program, while graphs were drawn in the ggplot2 package (Wickham, 2009).

Data

In the research – with the help of Police Headquarters – the KSIP police database was used, from which data on burglaries in Warsaw in 2011 and robberies in 2011 and 2012 were obtained. Series consisting of at least 2 events at different locations and taking place on different days were chosen for the research. If the perpetrators worked in a group, each of the perpetrators was treated as the executor of a separate series. This is due to the fact that it is likely that two perpetrators only cooperated on some events and carried out some others on their own or with other “collaborators”. In such a situation, it is not possible to indicate one series or anchor point associated with the series. In this way, 122 series of robberies were selected, of which as many as 85 (69.67%) consisted of just two events. The longest two series consisted of 9 events. In the case of burglaries, 112 series were obtained, of which 51 (45.54%) consisted of two events. The longest series in the sample consists of as many as 12 events. Due to the confidential nature of the data, it is not possible to provide demographic data for the sample. For the same reason, the location data were approximate. Due to the low population of the sample, no analysis of subgroups of burglaries and robberies was undertaken according to the perpetrators’ behaviour at the scene of the incident. Such an analysis would require the selection of perpetrators who not only behave in a specific way during commission of the crime, but are also stable in their behaviour during the series, which significantly reduces the already limited number of samples.

Results

The basic information taken into account in the analysis is distances, measured in a straight line. The recorded variables are the distances between events, as well as between events and the approximate location of the perpetrator. These variables are called *between crime distance* (BC) and *journey to crime distance* (JTC) respectively. It was also examined whether the perpetrators were marauders or commuters according

to the division proposed by Canter. The maximum and minimum BC and the maximum and minimum JTC were selected for analysis in each series and these variables were calculated for each series. In the case of burglaries, the maximum BC is in the range from 0.04 km to 20.8 km with a mean of 4.22 km and a median of 1.46 km. The same (analogous) variable for robberies is between 0.01 km and 27.18 km with a mean of 4.8 km and a median of 2.82 km.

The maximum JTC variable ranged from 0.1 km to 266.23 km with a mean of 15.4 km and a median of 5.52 km in the case of burglaries. The distribution of maximum JTCs for robberies has higher values, ranging from 0.05 to 509.77 km. The mean was 52.54 km, whilst the median was 7.33 km. The mean minimum JTC was 29.38 km (standard deviation 101.43, median 3.21) for robberies, and 13.19 km (standard deviation 40.55, median 1.78) for burglaries.

In the first step, a test for proportions was used to compare whether the number of marauders and commuters differed between the two groups. The value of the χ^2 test was 2.98, while the significance was at the level of 0.1, so it cannot be concluded that there are differences between these groups in this respect.

In order to compare the maximum JTC of the two groups, it was first checked whether they originate from a normal distribution. In both cases in the Shapiro-Wilk test, a statistically significant difference from a normal distribution was obtained with $p < 0.001$ in both cases. The values of the statistic W are 0.36 and 0.57 for burglaries and robberies respectively. For this reason Wilcoxon’s test was used to compare the medians of the two groups; the results were statistically significant ($W = 8360$, $p < 0.01$). Diagram 1 shows the distribution of JTC maxima depending on the type of event.

In order to check whether the distance between events is related to the maximum distance between events, it is customary to use linear regression (e.g. Canter, Larkin 1993), but given the large number of outliers, quantile regression was applied in parallel. Quantile regression, compared to standard linear regression, is much less sensitive to such anomalies (Koenker, 2009), which may allow the making of accurate predictions despite the existence of very high values of distance covered. The results of both linear and quantile regression are presented in the results. In the analysis of linear regression in the case of robberies, a relationship was obtained described by the equation $JTC = 51.83 + 0.15 \times BC$, but this relationship turned out to be statistically insignificant. Then quantile regression was applied in the same group and the equation $JTC = 1.82 + 0.92 \times BC$ was obtained. In this

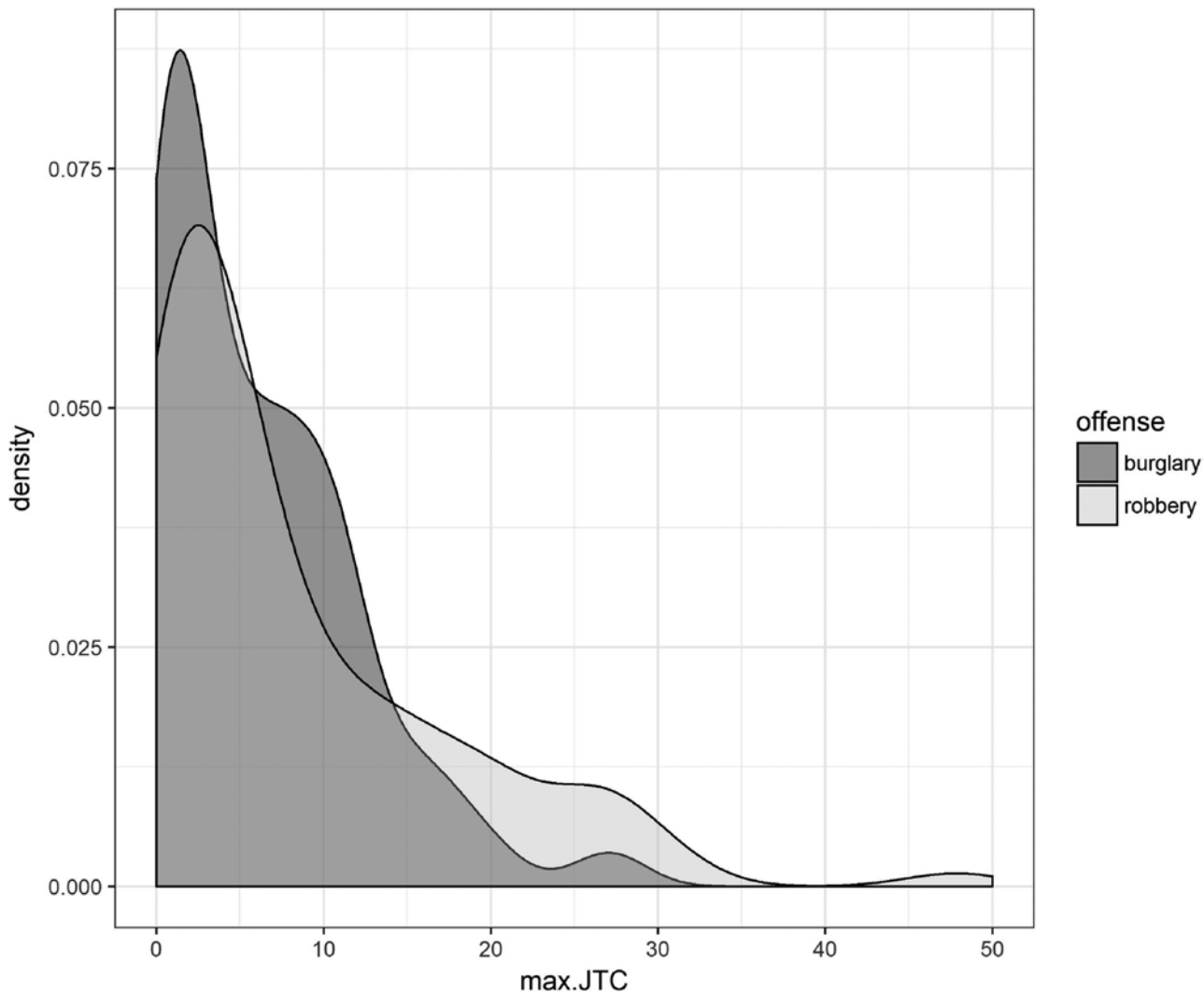


Fig. 1. Density of maximum JTC for burglaries and robberies.

case, the obtained relationship turned out to be statistically significant ($p < 0.001$). Figure 2 shows the values of observations divided into marauders and commuters, and lines drawn on the basis of both regression methods used.

In the case of burglaries, the linear regression equation had the formula $JTC = 16.19 - 0.19 \times BC$, and – similarly to the linear regression in the case of robberies – it was not statistically significant here either. When the quantile regression method was used, the equation $JTC = 0.66 + 0.75 \times BC$ was obtained; in this case the obtained relationship was statistically significant ($p < 0.001$). Figure 3 shows the described relationship together with the results of linear and quantile regression.

In order to check whether perpetrators are committing crimes at an ever increasing distance from home, a comparison was made between the JTC distances for the first and last event in a series. Distributions of the distance covered checked by the Shapiro-Wilk test are statistically significantly different from the normal distribution, so a comparison of groups was made with Wilcoxon’s test for related pairs. Table 2 presents mean values with standard deviations and medians of distances covered in the first and last event in a series. The test values are also included, but in both cases the result was insignificant. In addition, the analysis was repeated, selecting series consisting of at least three or even four events. Regardless of the test conditions, the result was never statistically significant.

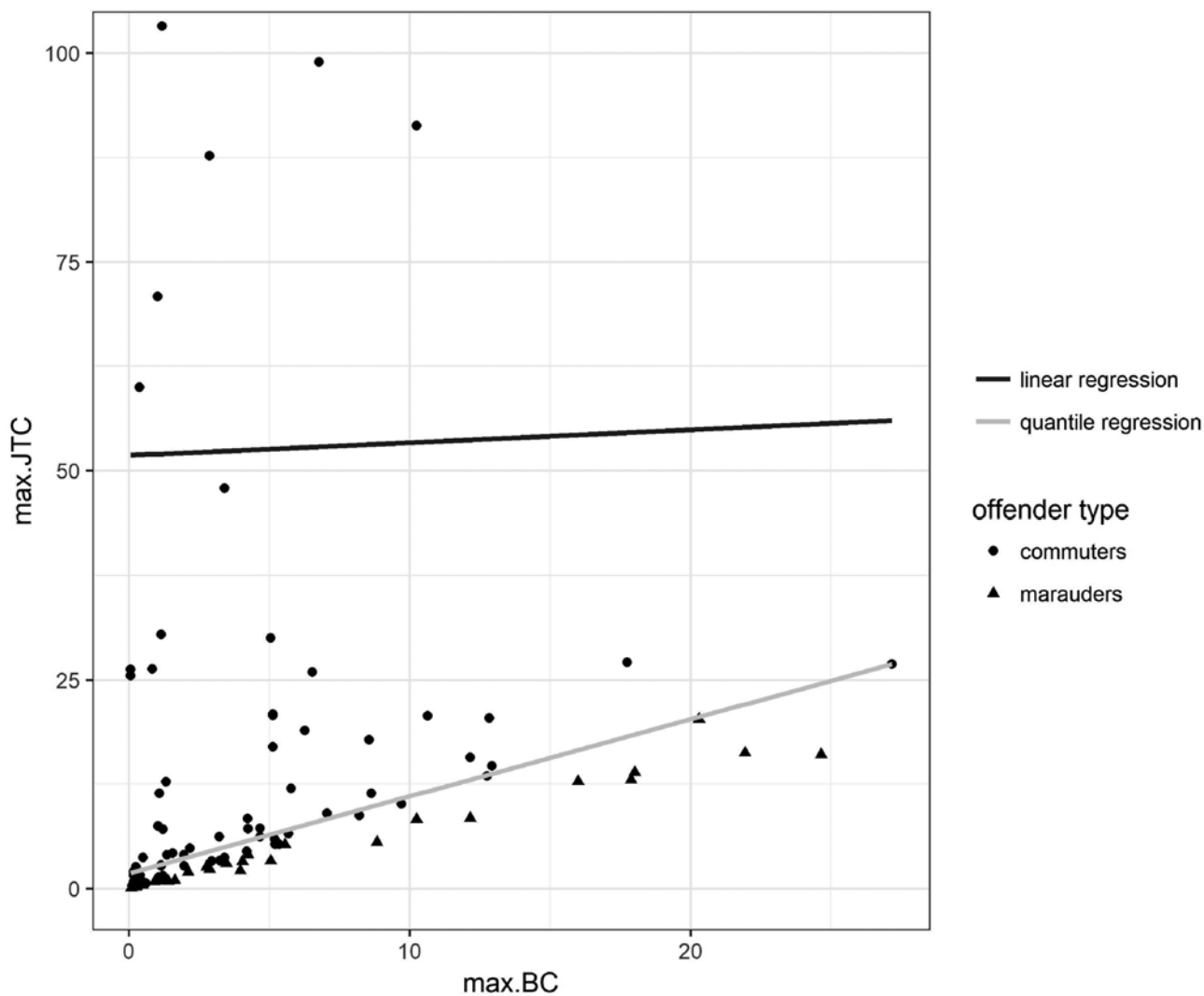


Fig. 2. Relationship between maximum BC distance and maximum JTC distance with regression lines for robberies.

Table 1

Proportion of commuters and marauders in robberies and burglaries

Offenders	Robberies	Burglaries
Marauders	26 (21.31%)	36 (32.14%)
Commuters	96 (78.69%)	76 (67.86%)

Table 2

Differences between distance to first and last offence in a series for both robberies and burglaries

	First offence			Last offence			Test value V
	Mean	SD	Median	Mean	SD	Median	
Burglary	14.14	40.41	3.63	14.04	40.65	2.55	3187
Robbery	50.99	101.61	5.19	50.66	101.47	4.44	3654

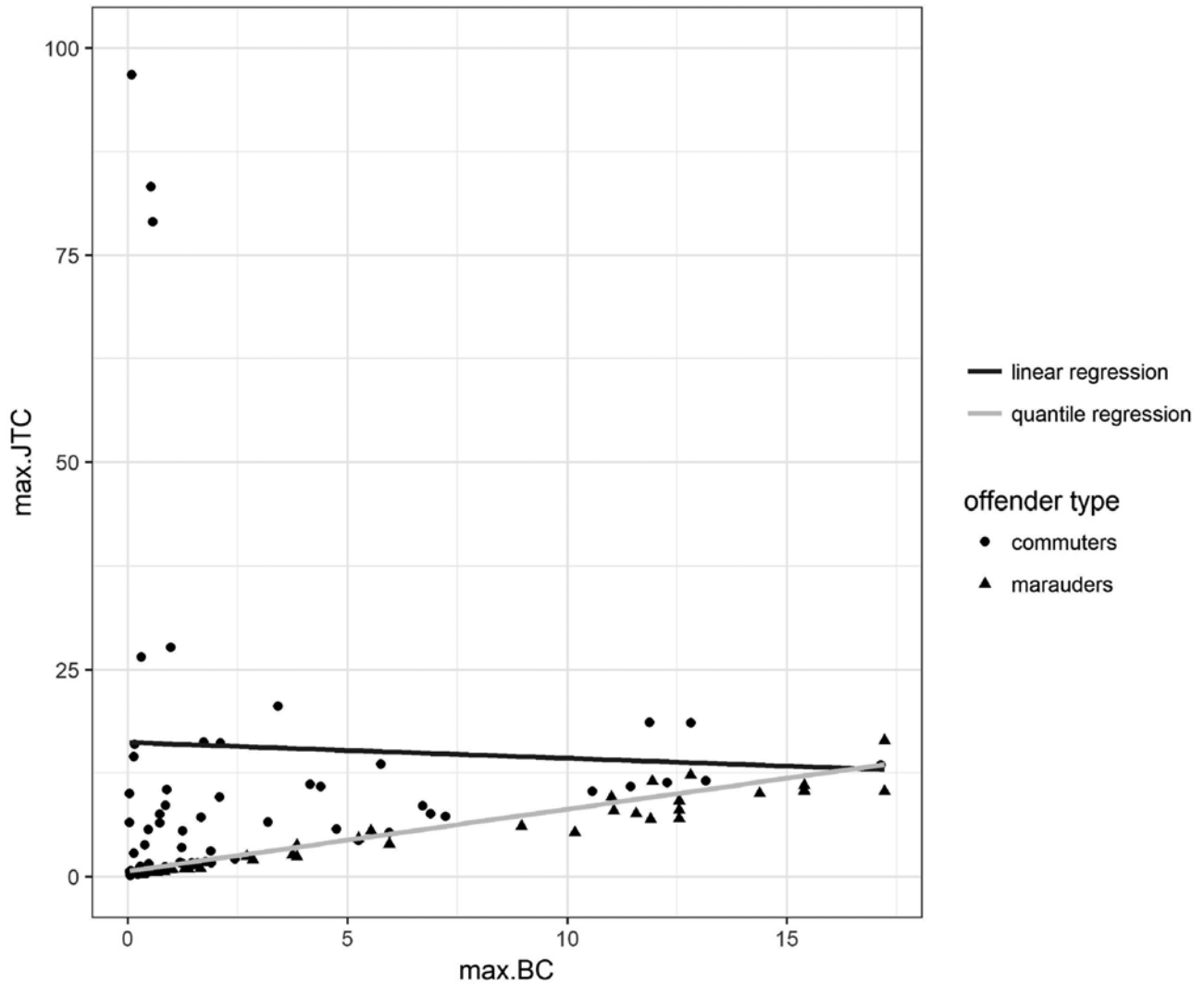


Fig. 3. Relationship between maximum BC distance and maximum JTC distance with regression lines for burglaries.

Table 3
Results of logistic regression performed on sample of robberies

Variable	Estimate	SE	Z value	Df	Deviance	Resid. Df	Resid. Dev
						121	126.41
Maximum BC	.17	.08	2.17*	1	6.55	120	119.86*
Minimum BC	-.11	.09	-1.23	1	2.50	119	117.36
Time between offences	.00	.00	1.71+	1	2.73	118	114.63+
Number of crimes	.06	.20	0.30	1	0.09	117	114.55

+ - p < .1; * - p < .05

Table 4
Results of logistic regression performed on sample of burglaries

Variable	Estimate	SE	Z value	Df	Deviance	Resid. Df	Resid. Dev
						111	140.66
Maximum BC	.14	.05	2.64**	1	21.57	110	119.09***
Minimum BC	.11	.09	1.19	1	.03	109	119.06
Time between offences	.00	.00	.16	1	.10	108	118.96
Number of crimes	.23	.11	2.05*	1	4.24	107	114.72*

* – $p < .05$; ** – $p < .01$; *** – $p < .001$

The last conducted analysis was an attempt to predict whether a given perpetrator is marauder or commuter based on the characteristics of a given series of events. For this purpose, 4 variables were used: minimum and maximum BC, mean time between events in the series and the number of events in the series. The results of logistic regression analysis are presented in Tables 3 and 4 for robberies and burglaries respectively.

Additionally, a short test of the accuracy of the created model was conducted. Due to the small amount of collected material, it was decided to conduct the test on the sample on which the values of the coefficients of the model were calculated. For robberies, the accuracy of the algorithm was 80.33%, but the model suggested the existence of only 4 marauders. In the case of burglaries, the accuracy was 76.79% and the created model predicted the existence of 26 marauders in the available population.

Discussion

Hypothesis 1 was not confirmed: perpetrators of robberies were classified as marauders less often than perpetrators of burglaries. This means that they not only cover longer distances, but also look for their targets in specific areas. The number of marauders in the burglary sample is similar to the results obtained in foreign research, but in the case of robberies there are fewer of them (although the difference was significant only at the level of 0.1).

Hypothesis 2 was confirmed: in both cases, for robberies and burglaries, it was possible to detect a relationship between the distance covered and the distance between events.

Hypothesis 3 was not confirmed: the distance covered to commit the last crime in the series was not sta-

tistically different from the distance covered to the first event.

Hypothesis 4 was partially confirmed. Due to the large number of outliers, intercept parameters of quantile regression were chosen for comparisons, which were: 1.82 for robberies and 0.66 for burglaries. The mean minimum JTC for robberies was 29.38 and the median was 3.21. Both values are much higher than the intercept parameter of quantile regression equation for these crimes, which suggests the existence of a buffer zone. Similarly, for burglaries, the mean minimum JTC was 13.19 km, and the median was 1.78 km. Again, these values are much greater than the intercept parameter of quantile regression equation.

The research question was answered in the affirmative: the spatial characteristics of a series of events allowed us to predict whether a perpetrator is marauder or commuter, while the accuracy obtained was at a similar level to foreign research. On the other hand, it is surprising that, depending on the type of event, other factors show a statistically significant relation. For robberies, the predictors were the maximum distance between events and the mean time between events. However, for burglaries, it was the maximum BC and the number of events. This may be due to the strategy of searching for new targets. If the perpetrators of robberies look for their targets more often in the same area as the previous target, the differentiating variable should be the time they devote to searching (searching for a target in a known area takes less time than finding a completely new area rich in potential targets). If the area known to the perpetrators does not ensure access to new targets, they will be forced to devote more time to finding a new area. If the perpetrators of burglaries behave more randomly in terms of the choice of target, then the direction (and thus there is less environmental impact on the location of the event) in which they will look for it will be random. Thus it can be seen that in such a situation, a normal number of events will more

often mean that we are dealing with a marauder. It also confirms the value of the directional coefficient of the quantile regression graph, which was lower for burglaries (closer to 0.5) in comparison to robberies. For the latter group, the value of the directional coefficient was slightly below 1. For both groups, the accuracy coefficient turned out to be quite high, but it should be remembered that in the case of robberies, the algorithm indicated only four series. It is possible that the applied algorithm learned to distinguish the four indicated series, while it classified the rest of the events as being carried out by commuters, because there were many more of them. In such a situation, it is likely that this dependency is the result of the individual properties of these few perpetrators rather than a general trend. There is no such problem in the case of burglaries, where the method used indicated 26 perpetrators as most likely to be marauder. Nevertheless, most of the applied tests indicate various methods of searching for potential targets depending on the type of crime. A noteworthy observation is that the results seem to be counterintuitive, as it is most likely that the perpetrators of robberies – in comparison to burglars – put more effort into finding the right locations.

As foreign researchers point out, in order to effectively apply geographical profiling, it is necessary to be able to predict whether a given perpetrator is a marauder. The obtained results suggest that in the Polish population it is possible to predict to which group an unknown perpetrator of a series of events belongs. Of course, one must bear in mind the limitations of the current data (the admission of very short series and the variety of crimes in the sample), but the results are not different from those of foreign studies in this area.

The results allow us to conclude that it is perpetrators of robberies who more often tend to cover longer distances, but also look for their targets in a specific area – hence they are more often classified as commuters. Analogously in both groups, it was not observed that as the series progressed the perpetrators covered greater and greater distances. Both results together suggest that the spatial dynamics of the perpetrators of events is more dependent on the potential distribution of targets than on the distance from the place of residence of the perpetrator. It is supported by earlier research which showed that perpetrators running a higher risk while committing a crime tend to cover longer distances. It should be remembered, however, that some of the results were only significant at the level of 0.1. This concerns the proportion of marauders in groups, as well as the influence of the time variable between events in the robberies group during the logistic regression analysis. That is why, although the results

obtained in the various conducted analyses are mutually consistent, they should be treated with caution.

The results confirm the existence of a buffer zone, in spite of the fact that the distribution of the distances covered for each of the offences analysed reveals only a small increase before the maximum is reached. If this area is treated as a buffer zone, then it is much less significant than e.g. in the case of the perpetrators of robberies described in the research by Santtila, Laukkanen, Zappalà, and Bosco (2008), where a significant increase in probability with distance is visible. However, the existence of a buffer zone for serial offences was confirmed by comparing the intercept parameter with the median and the mean of the minimum distance covered. Moreover, the differences in the values of these variables are not small. The downside of the conducted analysis is the necessity to use quantile regression due to the number of outliers, which resulted in insignificant results being obtained in the case of linear regression. Of course, this method of searching for the buffer zone is limited to serial perpetrators, so it cannot be applied to individual events.

The results are partially contradictory to those of the research concerning Warsaw population of perpetrators (Goldschneider, 2012), in which the author came to the conclusion that the main factor influencing the covered distance is the potential gain. The current results point at the potential risk as having the pivotal role, which is concordant with Górski's results (2018). One should expect a correlation between those two variables (above a certain level of risk, attacking a specific target might turn out to be unprofitable; this, however, is too little to explain existing differences). Another explanation may be different methods of analysis and different sources of data. Goldschneider's research (2012), as well as current findings confirm the existence of the buffer zone. This is contradictory to Górski's research (2018) in which no visible buffer zone was observed. This might result from the fact that in earlier analyses single crimes were taken into consideration, while in the current ones – only the series.

As was described in the current analysis, no attempt was made to divide robberies and burglaries into event subgroups. This is mainly due to the small population of the whole sample and the small number of marauders. According to the author, future research should focus on these elements in order to identify the most important event subgroups and be able to compare the perpetrators' behaviour for these subgroups. Importantly, it is worth identifying, if possible, the types of events that require the commitment of the greatest resources from law enforcement agencies, since in the case of such series, optimisation may lead to the great-

est savings. Unfortunately, the possessed data do not allow us to distinguish such a group, hence most probably both in the case of burglaries and robberies, there were cases that were obvious for investigators, as well as much more difficult ones.

References

1. Bennell, C., Jones, N. J. (2005). Between a ROC and a hard place: a method for linking serial burglaries by modus operandi. *Journal of Investigative Psychology and Offender Profiling*, 2(1), 23–41. doi:10.1002/jip.21.
2. Canter, D., Larkin, P. (1993). The environmental range of serial rapists. *Journal of Environmental Psychology*, 13(1), 63–69. doi:10.1016/s0272-4944(05)80215-4.
3. Chainey, S. (2008). *Crime mapping case studies: practice and research*. Chichester: John Wiley & Sons.
4. Chainey, S., Ratcliffe, J. (2008). *GIS and crime mapping*. Chichester: Wiley.
5. Brantingham, P. L., Brantingham, P. J. (1991). *Environmental criminology*. Prospect Heights, IL: Waveland Press.
6. Górski, M. (2017). Prediction of related burglaries on the basis of behavioural, spatial and temporal consistency. *Problems of Forensic Sciences*, 109, 5–25.
7. Górski, M. (2018) The distance covered by perpetrators and their behaviour at the scene of the incident in the case of burglaries and robberies. *Problems of Forensic Sciences*, 113, 27–50.
8. Kind, S. S. (1987). Navigational ideas and the yorkshire ripper investigation. *Journal of Navigation*, 40(3), 385–393. doi:10.1017/s0373463300000631.
9. Kocsis, R. N., Cooksey, R.W., Irwin, H. J., Allen, G. (2002). A further assessment of “Circle Theory” for geographic psychological profiling. *Australian and New Zealand Journal of Criminology*, 35(1), 43–62. doi:10.1375/0004865022012.
10. Koenker, R. (2009). *Quantile regression*. Cambridge: Cambridge University Press.
11. Meaney, R. (2004). Commuters and marauders: an examination of the spatial behaviour of serial criminals. *Journal of Investigative Psychology and Offender Profiling*, 1(2), 121–137. doi:10.1002/jip.12.
12. Paulsen, D. (2007). Improving geographic profiling through commuter/marauder prediction. *Police Practice and Research*, 8(4), 347–357. doi:10.1080/15614260701615045.
13. Rossmo, D. K. (2000). *Geographic profiling*. Boca Raton: CRC Press.
14. Rossmo, D. K. (2005). Geographic heuristics or shortcuts to failure?: Response to Snook et al. *Applied Cognitive Psychology*, 19, 651–654.
15. Santtila, P., Laukkanen, M., Zappalà, A., Bosco, D. (2008). Distance travelled and offence characteristics in homicide, rape, and robbery against business. *Legal and Criminological Psychology*, 13(2), 345–356. doi:10.1348/135532507x238673.
16. Warren, J., Reboussin, R., Hazzelwood, R. (1995). *The geographic and temporal sequencing of serial rape (Federal Bureau of Investigation)*. Washington, DC: US Government Printing Office.
17. Warren, J. I., Reboussin, R., Hazelwood, R. R., Cummings, A., Gibbs, N., Trumbetta, S. (1998). Crime scene and distance correlates of serial rape. *Journal of Quantitative Criminology*, 14, 35–59.
18. White, R. (1932). The relation of felonies to environmental factors in Indianapolis. *Social Forces*, 10(4), 498–509.
19. Wickham, H. (2009). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. New York: Springer-Verlag.

Corresponding author

mgr Michał Górski
 College of Inter-Faculty Individual Studies in
 Mathematics and Natural Sciences
 University of Warsaw
 ul. Stefana Banacha 2C
 PL 02-097 Warsaw
 e-mail: mgorski@student.uw.edu.pl

STREFA BUFOROWA I TEORIA OKRĘGÓW NA PRZYKŁADZIE WŁAMAŃ I ROZBOJÓW

Profilowanie geograficzne jest zbiorem metod pozwalających wskazać prawdopodobne miejsce przebywania nieznanego sprawcy serii przestępstw. Jest to zagadnienie o relatywnie krótkiej historii sięgającej końca XX i początku XXI wieku. Jedną z pionierskich prac w tym zakresie jest artykuł Cantera i Larkina opublikowany w 1993. Autorzy zwrócili w nim uwagę na sposób, w jaki sprawcy zdarzeń seryjnych wykorzystują przestrzeń do poszukiwania i atakowania celów i na tej podstawie dokonali podziału sprawców na stabilnych oraz mobilnych. W celu stworzenia tego modelu dla każdej serii zdarzeń wyznacza się okrąg, którego średnicą jest odcinek łączący dwa najbardziej oddalone od siebie zdarzenia. Należy zwrócić uwagę, że niekoniecznie wszystkie zdarzenia w serii muszą znajdować się wewnątrz tak powstałego obszaru.

Okrąg ten ma na celu przybliżenie przestrzeni nazywanej przez Cantera i Larkina (1993) *criminal range*, czyli przestrzeni działalności przestępczej. Jest to obszar, w którym sprawca dokonuje przestępstw i poszukuje nowych celów. Jeśli sprawca danej serii zdarzeń zamieszkuje wewnątrz opisanego okręgu, oznacza to, że przestrzeń jego aktywności przestępczej jest tożsama bądź posiada znaczną część wspólną z przestrzenią jego codziennej aktywności, a poszukiwanie celów najprawdopodobniej zaczyna bezpośrednio z miejsca zamieszkania. Grupy tych przestępców autor nazwał stabilnymi (*marauder*). Jeśli sprawca mieszka poza wyznaczonym okręgiem swej przestępczej aktywności, to będzie on zaliczony do grupy sprawców nazwanych mobilnymi (*commuters*). Taki model, polegający na wyznaczaniu okręgów, jest metodą ułatwiającą klasyfikację przestępców, ma on jednak znaczącą wadę: każdego sprawcę możemy zaklasyfikować do odpowiedniej grupy dopiero po jego wykryciu.

W założeniu zdecydowana większość sprawców powinna należeć do pierwszego typu i w pierwotnych badaniach Cantera i Larkina (1993) nad seryjnymi sprawcami zgwałceń tak właśnie było. Wyniki wskazywały, że aż 87% sprawców zgwałceń zamieszkuje wewnątrz okręgu stworzonego w opisany sposób. W swoich pierwotnych badaniach do stworzenia podziału na sprawców stabilnych bądź mobilnych autorzy wzięli pod uwagę jedynie miejsce ich zamieszkania. Inne podejście do problemu prezentuje Rossmo (2000), który wprowadził pojęcie punktu zakotwiczenia. Zgodnie z tą koncepcją miejsce, z którego sprawca zaczyna poszukiwania nowych celów, jest punktem zakotwiczenia. Zazwyczaj będzie to jego miejsce zamieszkania, jednak nie zawsze tak musi być. W efekcie miejsce zamieszkania może znajdować się poza okręgiem wyznaczonym zgodnie z koncepcją Can-

tera, jednak punkt zakotwiczenia może być wewnątrz. Z tego względu Paulsen (2007) postanowił wprowadzić modyfikację do typologii Cantera i Larkina (1993) i w swoich badaniach nad seriami przestępstw w grupie sprawców stabilnych uwzględnił tych wszystkich, którzy posiadali jakikolwiek punkt zakotwiczenia wewnątrz okręgu stworzonego z wzięciem pod uwagę najbardziej oddalonych zdarzeń. Znalezienie właściwego miejsca wymagało dogłębnej ręcznej analizy każdej serii.

Należy także pamiętać, że tak powstały okrąg może obejmować obszar o ogromnej powierzchni, zatem samo wyznaczenie okręgów nie jest dobrą metodą na optymalizację postępowania organów ścigania. Aby stworzyć narzędzie do szeregowania podejrzanych, konieczne jest użycie dodatkowej metody pozwalającej na określenie stopnia prawdopodobieństwa znajdowania się sprawcy wewnątrz okręgu (Paulsen, 2007).

Warren, Reboussin i Hazzelwood (1995) zaproponowali trochę inną metodę podziału sprawców: sugerowali, by zamiast wykorzystywać okrąg stworzony metodą Cantera i Larkina, zawrzeć wszystkie zdarzenia w obrębie możliwie najmniejszego wielokąta wypukłego. Sprawcy mieszkający wewnątrz takiego wielokąta są zaliczani do grupy stabilnych według nowej typologii. Wyniki otrzymane tą metodą mogą się różnić od otrzymanych za pomocą pierwotnego podejścia Cantera i Larkina, jednak opisana modyfikacja nie jest często wykorzystywana w badaniach.

Zgodnie z badaniami Meaney (2004) nad seryjnymi sprawcami przestępstw zaledwie 35% włamywaczy zostało przydzielonych do grupy stabilnych. W tych samych badaniach do grupy „stabilnej” zaliczono aż 90% sprawców podpażeń i 93% sprawców ataków na tle seksualnym. Fakt, że w grupie włamywaczy istnieje niewielki procent sprawców stabilnych, potwierdzili Kocsis, Cooksey, Irwin i Allen (2002). W badaniach tych autorów aż 50% sprawców zostało zaliczonych do grupy mobilnych. Należy tu jednak zwrócić uwagę na drobne różnice metodologiczne. We wspomnianych badaniach Meaney (2004) seria włamań musiała składać się przynajmniej z trzech zdarzeń, aby mogła ona zostać włączona do analiz. Dodatkowo autorka postawiła warunek wynikający z definicji zdarzeń seryjnych, zgodnie z którym do przestępstw powinno dojść w odstępie co najmniej jednego dnia pomiędzy kolejnymi zdarzeniami. Natomiast według Kocsisa i in. (2002) seria włamań musiała składać się z dwóch zdarzeń, dlatego różnice w wynikach badań nad takim samym typem zdarzeń uzyskane przez Meaney (2004) i Kocsisa i in. (2002) należy traktować z ostrożnością. Jak pokazuje ten przykład, wśród bada-

czy brakuje konsensusu co do minimalnej liczby zdarzeń koniecznej do włączenia ich do badań. Problem staje się jeszcze większy, jeśli weźmie się pod uwagę ewentualne zastosowanie uzyskanych wyników w praktyce.

Tworząc profil geograficzny, autor powinien brać pod uwagę to, jak prawdopodobne jest, że sprawca serii zdarzeń należy do grupy stabilnych sprawców. Rossmo (2000) stwierdza w swojej książce, iż aby stworzyć profil geograficzny, konieczna jest możliwość wyróżnienia minimum pięciu różnych lokalizacji zdarzeń. Oznacza to, że grupa przestępstw, w której tworzone są profile, jest specyficznym wyselekcjonowaną podgrupą zbioru, na którym prowadzi się analizy badawcze. Oczywiście jest, że wszelkie wnioski wyciągane w ten sposób z badań są obciążone pewnym dodatkowym błędem, gdyż grupa, o której chcemy wnioskować, nie jest równoważną grupie, na podstawie której tworzymy wnioskowanie. Dodatkowo zbytne zwiększanie minimalnej liczby zdarzeń może znacząco ograniczyć grupę badawczą, utrudniając bądź wręcz uniemożliwiając przeprowadzenie analiz.

Reasumując, dobór liczby zdarzeń wymaganych do uznania ich jako serii (jak i istnienia dodatkowych innych warunków) ma skutki nie tylko teoretyczne (możliwość porównania z rezultatami uzyskanymi przez innych badaczy), ale także praktyczne. Co istotne, na dany moment nie istnieje jedno standardowe podejście, a wykorzystane metody selekcji są pewnego rodzaju kompromisem między tym, co dostępne, i ilością materiału badawczego a chęcią pozyskania jak najlepszego źródła z seriami o wysokiej liczbie zdarzeń.

Kolejną trudnością związaną z rodzajem materiału badawczego jest jego dokładność. W badaniach nad geograficzną dystrybucją zdarzeń wykorzystuje się zarówno dane policyjne (np. Bennell, Jones, 2005), jak i dane z wyroków sądowych (np. Canter i Larkin, 1993). Zarówno jedna, jak i druga metoda ma swoje zalety. Polegając na podstawie skazań, można zakładać, że dana osoba rzeczywiście dokonała przypisanych jej czynów, z drugiej jednak strony najprawdopodobniej istnieją zdarzenia, których sprawca dokonał, a nie został za nie skazany z braku dowodów. W efekcie podczas analizy opieramy się na materiale dotyczącym zaledwie części zdarzeń dokonanych przez sprawcę. Drugą możliwością jest, aby w trakcie analiz uwzględnić zdarzenia, co do których wiadomo, że były podstawą oskarżenia lub zostały włączone do danych policyjnych. W takiej sytuacji zwiększone zostaje jednak prawdopodobieństwo, że w określonym zbiorze znajdują się przestępstwa błędnie przypisane danemu sprawcy.

W trakcie stosowania profilowania geograficznego jednym z pierwszych i podstawowych problemów jest wyróżnienie powiązanych zdarzeń tworzących serię. To zagadnienie zostało już wcześniej opisane w tekście Górskiego (2017) i nie będzie ono tutaj dalej analizowane.

Od wielu lat badacze zwracają uwagę na zależność, według której sprawcy przestępstw przeciwko mieniu częściej niż sprawcy zdarzeń przeciwko życiu i zdrowiu pokonują duże odległości w celu dokonania przestępstwa (np. Meaney, 2004). Taką zależność zauważył już White w 1932 roku. W związku z tym w przypadku zdarzeń przeciwko mieniu należy spodziewać się większej liczby sprawców mobilnych, co potwierdzają badania (np. Meaney, 2004).

W pierwotnych badaniach Cantera i Larkina (1993) poza utworzeniem podziału na sprawców stabilnych i mobilnych autorzy zwrócili uwagę na inne dodatkowe charakterystyki badanej grupy zdarzeń. W badaniach analizowano przede wszystkim zależność między dwoma zmiennymi, pierwszą było maksimum odległości między zdarzeniami (średnica okręgu zbudowanego na podstawie teorii okręgów Cantera). Drugą zmienną jest odległość między miejscem zamieszkania sprawcy a miejscem najodleglejszego zdarzenia, innymi słowy – maksimum pokonanej odległości w celu dokonania przestępstwa. Po pierwsze zaobserwowano wysoką korelację pomiędzy opisanymi zmiennymi. Ta zależność była bardzo mocna, współczynnik korelacji wynosił 0,93 przy istotności $p < 0,001$. Równanie regresji natomiast miało postać $y = 0,84x + 0,61$ (podczas interpretacji należy pamiętać, że obliczenia dokonywane były w milach). Wyniki sugerowały, że pomimo iż większość sprawców została zaliczona do grupy stabilnych, to położenie ich miejsca zamieszkania nie znajdowało się blisko środka okręgu, lecz bardziej przy jego krawędzi. Dodatkowo zauważono, że średni minimalny dystans pokonany przez sprawców przestępstw wynosił 1,53 mili (2,46 km), co jest wartością zdecydowanie wyższą od tej wynikającej z wartości wyrazu wolnego w równaniu regresji. Zdaniem autorów świadczy to o tym, że sprawcy zachowują pewną odległość od miejsca zamieszkania, tzw. strefę buforową.

W swoich badaniach Meaney (2004) testuje dalej teorię Cantera i Larkina, analizując odległość pokonaną przez sprawców w celu dokonania pierwszego i ostatniego przestępstwa w serii. Test ten miał na celu sprawdzenie, czy sprawcy, poszukując nowych dostępnych celów, pokonują coraz to większe odległości. Dla wszystkich trzech grup (sprawców włamań, podpaleń oraz ataków na tle seksualnym) wyniki potwierdziły teorię, że średnia odległość pokonana przy ostatnim w serii zdarzeń jest większa w porównaniu do tej przebytej w pierwszym z nich.

Paulsen (2007) zwraca uwagę na to, jak istotna przed wykryciem sprawcy jest wiedza o tym, czy jest to sprawca stabilny czy mobilny. Ponieważ profilowanie geograficzne działa najlepiej w przypadku sprawców stabilnych, ważne jest, by móc jak najwcześniej oszacować z jakiego typu serią mamy do czynienia. W stworzonym modelu regresji logistycznej Paulsen (2007) był w stanie

z prawdopodobieństwem około 80% przewidzieć, czy dany sprawca należał do grupy stabilnych. Co istotne, w swoich analizach autor brał pod uwagę tylko zmienne znane śledczym w czasie poszukiwania sprawcy, zatem można wnioskować, że wyniki odzwierciedlają efekty stosowania tej metody w praktyce.

Niestety, według informacji posiadanych przez autora, teoria Cantera nie była do tej pory testowana na polskiej próbie sprawców przestępstw. Ze względu na rosnące zainteresowanie profilowaniem geograficznym konieczne jest poznanie charakterystyk krajowej populacji sprawców. Goldschneider (2012) w swoich badaniach wykazuje istnienie strefy buforowej, natomiast Górski (2018) wskazuje na brak lub bardzo nieznaczną strefę buforową w polskiej populacji sprawców włamań i rozbojów. Warto więc przyjrzeć się dokładniej zachowaniu przestrzennemu sprawców zdarzeń seryjnych i sprawdzić, wykorzystując inne metody, czy sprawcy próbują zachować pewną minimalną odległość.

Aktualne badania

Publikacja Cantera i Larkina (1993) jest jedną z najważniejszych w tej dziedzinie, dlatego ważne i wartościowe dla rozwoju metodologii opartej na teorii Cantera i Larkina jest przeprowadzenie replikacji wykrytych zależności na polskiej grupie sprawców. Poniższa analiza serii włamań i rozbojów w Warszawie podejmuje się tego zadania. W badaniu tym postawiono następujące hipotezy:

1. Sprawcy włamań będą rzadziej zaliczani do grupy sprawców stabilnych niż sprawcy rozbojów.
2. W obu grupach istnieje zależność między maksimum pokonanej odległości a maksimum odległości między zdarzeniami.
3. W obu grupach odległość pokonana przez sprawcę w celu dokonania pierwszego z serii przestępstw będzie mniejsza od odległości, jaką przebył on do miejsca ostatniego z tej serii.
4. Wyraz wolny równania regresji będzie mniejszy od średniego minimum pokonanej odległości, co wskaże na zachowanie strefy buforowej w przypadku sprawców seryjnych.

Postawiono także otwarte pytanie badawcze:

Czy możliwe jest przewidywanie rodzaju sprawców (stabilnych lub mobilnych) na podstawie zmiennych przestrzennych znanych przed wykryciem sprawcy?

Wszystkie analizy wykonano w programie R 3.5.0, natomiast wykresy w pakiecie ggplot2 (Wickham, 2009).

Dane

Dzięki pomocy Komendy Głównej Policji do badań wykorzystano dane z bazy policyjnej KSIP, z której pozyskano informacje odnośnie do włamań w Warszawie w roku 2011 oraz rabunków w latach 2011 i 2012. Do analizy wybrano serie składające się z minimum dwóch zdarzeń, do których doszło w różnych lokalizacjach i w różnych dniach. Nawet jeśli sprawcy pracowali w grupie, czyn każdego z nich traktowano jako należący do odrębnej serii. Wynika to z faktu, że istnieje prawdopodobieństwo, że dwaj sprawcy współpracowali tylko przy niektórych zdarzeniach, a w części uczestniczyli samodzielnie lub z innymi współsprawcami. W takiej sytuacji nie ma możliwości wskazania jednej serii bądź punktu zakotwiczenia związanego z daną serią. W ten sposób wybrano 122 serie rozbojów, z czego aż 85 (69,67%) składało się z zaledwie dwóch zdarzeń. Najdłuższe dwie serie składały się z 9 zdarzeń. W przypadku włamań otrzymano 112 serii, z czego 51 (45,54%) składało się z dwóch zdarzeń. Najdłuższa seria w próbie to aż 12 zdarzeń. Ze względu na charakter informacji nie ma możliwości podania danych demograficznych dla próby. Z tego samego powodu dane lokalizacyjne były przybliżone. Z powodu niskiej liczebności próby nie podjęto się analizy podgrup włamań ani rozbojów ze względu na zachowanie sprawców na miejscu zdarzenia. Taka analiza wymagałaby wybrania sprawców, którzy nie tylko zachowują się w specyficzny sposób podczas dokonywania przestępstwa, ale są także stabilni w swoim zachowaniu w trakcie serii, co znacząco ogranicza liczebność i tak już ograniczonych próbek.

Wyniki

Podstawową informacją braną pod uwagę w analizie są odległości liczone jako dystans w linii prostej. Zanotowane zmienne to odległości zarówno między poszczególnymi zdarzeniami, jak i między zdarzeniami a przybliżoną lokalizacją sprawcy. W języku angielskim te zmienne nazywane są odpowiednio *between crime distance* (BC) oraz *journey to crime distance* (JTC). Sprawdzono także, czy sprawcy zaliczają się do grupy stabilnych czy do mobilnych – zgodnie z podziałem zaproponowanym przez Cantera. Do analiz w każdej serii wybrano maksimum i minimum z BC oraz maksimum i minimum z JTC. W przypadku włamań maksimum z BC mieściła się w zakresie od 0,04 km do 20,8 km ze średnią 4,22 km i medianą 1,46 km. Analogiczna zmienna w przypadku rozbojów znajdowała się w przedziale od 0,01 km do 27,18 km ze średnią 4,8 km i medianą 2,82 km.

Zmienna maksimum z JTC mieściła się od 0,1 km do aż 266,23 km ze średnią 15,4 km i medianą równą 5,52 km w przypadku włamań. Wyższe wartości miał

rozkład maksimum z JTC dla rozbojów z minimum wynoszącym 0,05 i maksimum 509,77 km. Średnia wynosiła 52,54 km, mediana natomiast 7,33 km. Natomiast średnie minimum z JTC wynosiły 29,38 km (odchylenie standardowe 101,43, mediana 3,21) dla rozbojów i 13,19 km (odchylenie standardowe 40,55, mediana 1,78) dla włamań.

W pierwszym kroku wykorzystano test dla proporcji, aby porównać, czy liczba sprawców stabilnych i mobilnych różni się w obu grupach. Wartość testu χ^2 wynosiła 2,98, natomiast istotność była na poziomie 0,1, nie można więc stwierdzić istnienia różnic między grupami w tym zakresie.

Aby porównać maksimum z JTC w przypadku obydwu grup, najpierw sprawdzono, czy pochodzą one z rozkładu normalnego. W obu wypadkach w teście Shapiro-Wilka otrzymano statystycznie istotną różnicę od rozkładu normalnego z $p < 0,001$. Wartości statystyki W wynoszą 0,36 oraz 0,57 dla odpowiednio włamań i rozbojów. Z tego powodu wykorzystano test Wilcoxon na do porównania median obu grup, wyniki okazały się statystycznie istotne ($W = 8360$, $p < 0,01$). Na wykresie 1 pokazano rozkład maksimum z JTC w zależności od typu zdarzenia.

Aby sprawdzić, czy odległość między zdarzeniami jest powiązana z maksimum pokonanej odległości (zależność między odległościami BC oraz JTC), zazwyczaj stosuje się regresję liniową (np. Canter i Larkin, 1993), jednak biorąc pod uwagę duży rozstrzał zmiennych, równolegle zastosowano regresję kwantylową. Jest ona, w porównaniu do standardowej regresji liniowej, o wiele mniej wrażliwa na odstające obserwacje (Koenker, 2009), dzięki czemu pozwala na stworzenie trafnych przewidywań pomimo istnienia odstających bardzo wysokich wartości pokonanej odległości.

W wynikach zamieszczono zatem rezultaty zastosowania zarówno regresji liniowej, jak i kwantylowej. W analizie regresji liniowej w przypadku rozbojów uzyskano zależność daną równaniem $JTC = 51,83 + 0,15 \times BC$, przy czym zależność ta okazała się nieistotna statystycznie. Następnie dla tej samej grupy zastosowano regresję kwantylową i uzyskano równanie $JTC = 1,82 + 0,92 \times BC$. W tym przypadku otrzymana zależność okazała się istotna statystycznie ($p < 0,001$). Na wykresie 2 pokazano wartości obserwacji z podziałem na sprawców stabilnych i mobilnych oraz proste obliczone na podstawie obu stosowanych metod regresji.

W przypadku włamań równanie regresji liniowej miało wzór $JTC = 16,19 - 0,19 \times BC$, przy czym analogicznie do regresji liniowej w przypadku rozbojów tutaj również zależność nie była istotna statystycznie. Gdy wykorzystano metodę regresji kwantylowej, otrzymano równanie $JTC = 0,66 + 0,75 \times BC$, w tym przypadku otrzymana zależność była istotna statystycznie ($p < 0,001$). Na wy-

kresie 3 pokazano opisywaną zależność wraz z wynikami przy zastosowaniu regresji liniowej i kwantylowej.

Aby sprawdzić, czy sprawcy dokonują przestępstw w coraz to większej odległości od miejsca zamieszkania, porównano odległości JTC dla pierwszego i ostatniego zdarzenia w serii. Rozkłady pokonanej odległości sprawdzone testem Shapiro-Wilka okazały się statystycznie istotnie różne od rozkładu normalnego, zatem porównania grup dokonano testem Wilcoxon dla par powiązanych. W tabeli 2 zamieszczono wartości średnie wraz z odchyleniami standardowymi oraz mediany pokonanych odległości w pierwszym i ostatnim zdarzeniu w serii. Zamieszczono także wartości testu, jednak w obu przypadkach wynik był nieistotny. Dodatkowo analizę powtórzono, wybierając serie składające się z minimum trzech lub nawet czterech zdarzeń. Niezależnie od warunków badania wyniki nie były statystycznie istotne.

Ostatnią przeprowadzoną analizą była próba przewidzenia, czy dany sprawca jest stabilny lub mobilny na podstawie właściwości danej serii zdarzeń. W tym celu wykorzystano 4 zmienne, były to minimum oraz maksimum BC, średni czas między zdarzeniami w serii oraz liczba zdarzeń w serii. Wyniki analizy regresji logistycznej zaprezentowano w tabeli 3 oraz 4 dla odpowiednio rozbojów i włamań.

Dodatkowo przeprowadzono krótki test trafności stworzonego modelu. Ze względu na małą ilość zebranego materiału test ten postanowiono przeprowadzić na próbie, na której wyliczono wartości współczynników modelu. Dla rozbojów trafność algorytmu wynosiła 80,33%, jednak model sugerował istnienie zaledwie 4 sprawców stabilnych. W przypadku włamań natomiast trafność wynosiła 76,79% i stworzony model przewidywał istnienie 26 sprawców stabilnych w dostępnej populacji.

Dyskusja

Hipoteza 1 nie została potwierdzona, sprawcy rozbojów rzadziej niż sprawcy włamań byli zaliczani do grupy stabilnych. Oznacza to, że nie tylko pokonują oni większe odległości, ale także poszukują swoich celów w specyficznych obszarach. Liczba sprawców stabilnych w próbie włamań jest podobna do tej w wynikach otrzymywanych w zagranicznych badaniach, jednak w przypadku sprawców rozbojów była ona niższa (choć różnica była istotna tylko na poziomie 0,1).

Hipoteza 2 została potwierdzona, w obu przypadkach dla rozbojów i włamań udało się wykryć zależność pokonanej odległości od odległości między miejscami zdarzeń.

Hipoteza 3 nie została potwierdzona, odległość przebyta w celu dokonania ostatniego przestępstwa w serii

nie była statystycznie różna od odległości pokonanej do miejsca pierwszego zdarzenia.

Hipoteza 4 została częściowo potwierdzona. Ze względu na dużą liczbę odstających obserwacji do porównań wybrano wyrazy wolne regresji kwantylowej, które wynosiły 1,82 dla rozbojów i 0,66 dla włamań. Średnie minimum JTC dla rozbojów wynosiło natomiast 29,38, a mediana 3,21. Obie wartości są dużo większe od wyrazu wolnego równania regresji kwantylowej dla tych przestępstw, co sugeruje istnienie strefy buforowej. Analogicznie dla włamań średnie minimum z JTC wynosiło 13,19 km, a mediana 1,78 km. Ponownie wartości te są dużo większe od wyrazu wolnego równania regresji.

Na postawione pytanie badawcze udało się odpowiedzieć twierdząco, przestrzenne właściwości serii zdarzeń pozwalają przewidywać, czy sprawca jest stabilny, czy mobilny, natomiast otrzymana trafność jest na podobnym do badań zagranicznych poziomie. Zaskakujące jest natomiast, że w zależności od rodzaju zdarzenia inne czynniki wykazują statystycznie istotną relację. Dla rozbojów predyktorami było maksimum odległości między miejscami zdarzeń oraz średni czas pomiędzy nimi, natomiast dla włamań były to maksimum BC oraz liczba zdarzeń. Może to wynikać ze strategii poszukiwania nowych celów. Jeśli sprawcy rozbojów poszukują swoich celów częściej w tym samym obszarze co poprzedni cel, zmienną różnicującą powinien być wtedy czas, jaki poświęcają oni na poszukiwania (poszukiwanie celu w známym obszarze zajmuje mniej czasu niż znalezienie całkowicie nowego obszaru bogatego w potencjalne cele). Jeśli określony, znany sprawcom obszar nie zapewnia im dostępu do nowych celów, będą oni zmuszeni do poświęcenia większej ilości czasu na znalezienie nowego obszaru. Jeśli sprawcy włamań zachowują się bardziej przypadkowo w kwestii wyboru celu, to kierunek, w którym będą go szukać, będzie wybrany w sposób bardziej losowy. W przypadku takich zdarzeń może to oznaczać mniejszy wpływ środowiska na ich lokalizację. Wynika stąd, że w takiej sytuacji zwykła liczba zdarzeń będzie częściej sugerowała, że mamy do czynienia ze sprawcą stabilnym. Potwierdza to także wartość współczynnika kierunkowego prostej regresji kwantylowej, który był niższy dla włamań i bliższy 0,5 w porównaniu do rozbojów. Dla tej grupy wartość współczynnika kierunkowego była nieznacznie poniżej 1. Dla obu grup współczynnik trafności okazał się dość wysoki, przy czym trzeba pamiętać, że w przypadku rozbojów algorytm wskazał zaledwie cztery serie. Możliwe jest, że zastosowany algorytm nauczył się wyróżniać cztery wskazane serie, natomiast resztę zdarzeń zaliczył do czynów dokonanych przez sprawców mobilnych, gdyż tych było o wiele więcej. W takiej sytuacji prawdopodobne jest, że zaistniała zależność jest wynikiem indywidualnych właściwości tych paru sprawców niż pewną ogólną tendencją. Takiego problemu nie ma w przypadku włamań – zastosowana

tutaj metoda wskazała 26 sprawców, uznając ich z dużym prawdopodobieństwem za stabilnych. Niemniej większość zastosowanych testów wskazuje na różne metody poszukiwania potencjalnych celów w zależności od typu przestępstwa. Co ważne, wyniki wydają się sprzeczne z intuicją, gdyż to najprawdopodobniej sprawcy rozbojów w porównaniu do włamywaczy wkładają większy wysiłek w znalezienie właściwych lokalizacji.

Jak wskazują zagraniczni badacze, do skutecznego stosowania profilowania geograficznego konieczna jest możliwość przewidywania, czy dany sprawca jest stabilny. Uzyskane wyniki sugerują, że w polskiej populacji jest możliwe przewidywanie, do jakiej grupy należy nieznany sprawca serii zdarzeń. Oczywiście trzeba mieć na względzie ograniczenia aktualnych danych (dopuszczenie bardzo krótkich serii, różnorodność przestępstw w próbie). Pomimo tych ograniczeń, wyniki nie odstają od wyników zagranicznych badań.

Aktualne badania pozwalają wnioskować, że to sprawcy rozbojów mają częściej tendencję do pokonywania większych odległości, ale także poszukują swoich celów w specyficznym obszarze, przez co częściej są zaliczani do sprawców mobilnych. Analogicznie w obu grupach nie zaobserwowano, aby wraz z postępem serii sprawcy pokonywali coraz większe odległości. Wyniki te sugerują, że dynamika przestrzenna sprawców zdarzeń jest bardziej zależna od potencjalnej dystrybucji celów niż od odległości od miejsca ich zamieszkania. Potwierdzają to także wcześniejsze badania, które pokazały, że sprawcy ponoszący większe ryzyko w trakcie dokonywania przestępstw będą pokonywali większe odległości. Należy jednak pamiętać, że część wyników była istotna zaledwie na poziomie 0,1. Dotyczy to proporcji sprawców stabilnych w grupach, jak i wpływu zmiennej czasu pomiędzy zdarzeniami w grupie rozbojów podczas analizy regresji logistycznej. Dlatego, o ile otrzymane wyniki w różnych przeprowadzonych analizach są wzajemnie spójne, należy traktować je z ostrożnością.

Wyniki analizy regresji potwierdziły również istnienie strefy buforowej, mimo iż rozkład pokonanej odległości w przypadku każdego analizowanego przestępstwa wykazuje zaledwie niewielki wzrost przed uzyskaniem maksimum. Jeśli traktować ten obszar jako strefę buforową, to jest ona o wiele mniej znacząca niż np. w przypadku sprawców rozbojów opisanych w badaniach autorów Santtila, Laukkanen, Zappalà i Bosco (2008) wskazujących na widoczny początkowy wzrost prawdopodobieństwa wykrycia sprawcy wraz z odległością. Istnienie strefy buforowej w przypadku przestępstw seryjnych zostało potwierdzone poprzez porównanie wyrazu wolnego z medianą i średnią minimum pokonanej odległości. Co więcej, różnice w wartościach tych zmiennych nie są małe. Minusem przeprowadzonej analizy jest konieczność wykorzystania regresji kwantylowej ze względu na liczbę odstających obserwacji. Oczywiście ta

metoda poszukiwania strefy buforowej jest ograniczona do sprawców seryjnych, nie można więc przekładać jej na pojedyncze zdarzenia.

Wyniki są częściowo sprzeczne z badaniami na warszawskiej populacji sprawców (Goldschneider, 2012), w których autorka doszła do wniosku, że głównym czynnikiem wpływającym na pokonaną odległość jest potencjalny zysk. Aktualne wyniki wskazują na decydującą rolę potencjalnego ryzyka, co jest spójne z wynikami Górskiego (2018). Należy oczekiwać korelacji między tymi zmiennymi (powyżej pewnego poziomu ryzyka atak na konkretny cel może przestać być opłacalny), jednak nie wystarcza to, by wytłumaczyć istniejące różnice. Kolejnym wytłumaczeniem mogą być różne metody analizy oraz różne źródła danych. Badania Goldschneider (2012) oraz aktualne wyniki potwierdzają istnienie strefy buforowej; jest to sprzeczne z badaniami Górskiego (2018), w których nie zaobserwowano widocznej strefy buforowej. Może to wynikać z faktu, że we wcześniejszych analizach brano pod uwagę także pojedyncze przestępstwa, podczas gdy w aktualnych badaniach – tylko serie.

W aktualnej analizie pominięto próbę podziału rozbojów i włamań na podgrupy zdarzeń. Wynika to przede wszystkim z małej liczebności całej próbki oraz małej liczby sprawców stabilnych. W kolejnych badaniach należałoby skupić się na tych elementach, aby uzyskać możliwość wskazania najistotniejszych podgrup zdarzeń i porównania zachowania sprawców dla tych podgrup. Co istotne, warto, jeśli tylko będzie taka możliwość, wskazać rodzaj zdarzeń wymagających od organów ścigania zaangażowania największych środków, ponieważ w przypadku takich serii optymalizacja może prowadzić do największych oszczędności.