

DEVELOPMENTS IN TECHNOLOGY USED IN FORENSIC EXPERT OPINIONS ON ROAD ACCIDENTS

Jan UNARSKI

Institute of Forensic Research, Kraków, Poland

Abstract

The article presents a discussion on how developments in car design and technology have led to a reduction in the amount of traces left after road accidents. This directly hinders the possibility of event reconstruction and necessitates searching for new types of traces or making use of traces that have so far been considered of minor importance. This state of affairs requires more profound errors analyses, an extended assessment of the uncertainty of calculations and modelling, and an in-depth discussion of the reliability of conclusions. The use of car black boxes for the purpose of increasing the amount of available data essential for reconstruction still seems to be a long way off in Europe.

Key words

Road accidents; Criminalistics traces; Uncertainty; Time-distance analysis; “Black boxes”; EDR.

Received 25 September 2014; accepted 6 November 2014

1. Introduction

The 1980s turned out to be extremely significant in the history of civilisation. It was then that digital computers in their miniaturised form, known today as personal computers, became widely used. Within twenty years, every vehicle and almost every household appliance and element of the infrastructure around us were equipped with sensors, microprocessors, projectors and elements of global communication. In fact, it would be very difficult to find someone who has not been “swamped” by ubiquitous electronics in some way and has not been forced to adapt to their presence.

In air, rail, sea and road transport, both infrastructure and vehicles have been equipped with a large number of devices aimed at ensuring greater passive and active safety of means of transport, based, of course, on electronics. Vehicles themselves have experienced a radical metamorphosis and, to some extent, some of the driving manoeuvres (e.g. parking)

can be performed without human participation – with these functions being taken over by devices that perform automatically programmed procedures or even use artificial intelligence to aid the operation of transport. This acceleration, observed particularly clearly in countries that are leading in engineering, has spread world-wide, increasing safety on the one hand, while changing standards related to the functioning of the administration of justice, on the other.

Whereas in aviation and railway transport, vehicles are equipped with systems of monitoring and recording (“black boxes”), these devices are practically non-existent in motor vehicle transport – at least in Europe. One of the effects of advanced vehicle technology and the resulting increased safety of passengers is that the traces usually left by these vehicles during operation, collisions and road accidents are no longer found at the scenes of events. Consequently, the process of event reconstruction has become more difficult, which has obviously resulted in the public perception that the

efficiency of the administration of justice has been impaired.

2. Types of traces and change of their specific character

The number of difficulties that accident scene investigators face is enormous. There is even a generally accepted term – clean accident – which describes the difficulties in finding and describing traces at the scene of an event.

Such traces (or rather their absence) that impede an accident analysis include:

- braking traces: their absence is related to ABS installed in vehicles;
- operation of the ESP traction control system, which blurs the borderline between what is the result of the driver's activity and what is not;
- minimisation of the number of glass splinters due to commonly used laminated glass windows and protective elements made from plastic;
- absence of paint chips resulting from the technology of applying elastic paint coating;
- relaxation in plastics due to which some parts of the vehicle recover their original shape after deformation;
- application of non-incandescent light sources (HID, LED), which make it impossible to determine the state of illumination;
- substituting analogue tachographs with digital ones, which limits the amount of available data;
- adaptive three colour signalling of variable phase duration, with no possibility of reproducing the recording;
- adaptive AFL headlamps with automatic regulation of the range of the light beam, which makes it impossible to determine the visibility range;
- anti-collision radar systems that make it impossible to determine what is the result of the driver's actions and what is due to the system, etc.

3. The influence of lack of data on expert opinions

The influence of the aforementioned hindrances on the feasibility of forensic expert opinions is becoming increasingly significant. For example, due to antilock systems commonly known as ABS, no braking traces – which give essential information about the vehicle's speed – can be discovered at accident scenes. What an event reconstructionist can do is only

to speculate and perform calculations based on eyewitness testimony or to calculate theoretical speeds of “not less than”, which may have nothing to do with reality. ESP traction control systems automatically, regardless of the driver's actions, change and correct the vehicle's motion trajectory, leaving no traces or evidence of their functioning. It is impossible therefore to determine which actions were undertaken by the driver and which by the system. Another traditional piece of evidence – the relationship between the scatter of glass splinters from the windshield or headlamps and the speed of the vehicle at the moment of braking – can no longer be made use of in practice. The reason is that, when a windscreen is broken by, for instance, a pedestrian, the amount of splinters from the laminated glass that has replaced the hardened glass in windcreens is so insignificant that they are useless in determining the speed of the vehicle (such calculations are based on statistical regularities). In headlamps, the inorganic glass has been substituted with highly impact resistant polycarbonate glass, which does not fracture when hit, so there are no splinters left on the road. Also, a traditional indicator of the place of collision – flakes of the outer paint layer from colliding vehicles found on roadways – has decreased in importance. This is because vehicle bodies and bumpers are now covered with elastic paints, which, after being deformed, recover their original shape, exhibiting only superficial scratches. This state of affairs makes it essential to continuously search for new traces and to consider how to interpret them, which would enable substituting the hitherto theoretical foundations for indicating the place of collision and vehicle speed at the moment of a collision with new ones. It seemed that a new marker had been found, namely the so-called wrap distance, i.e., the difference between the trace left by the pedestrian's head hitting against the front of the car (windscreen or bonnet) and the place which corresponds to the pedestrian's height measured along the vehicle's front contour. For several years, this parameter was very useful in determining vehicle speed in car-to-pedestrian collisions. However, in order to improve safety, the shape of the front part of vehicles was changed and in order to reduce the scope of lower leg injuries, the stiffness of the bottom edge of bumpers was increased. As a consequence, the wrap distance parameter became redundant, which meant starting all over again. The major consolation is the fact that pedestrians have benefited from these alterations, because cars have become much safer and in the majority of “urban” car-to-pedestrian collisions at a speed of up to 50 km/h, the victims survive.

4. Vehicle lights, lamps and driver assistance systems

Another example of where increasing difficulties are encountered is determining whether vehicle lamps were shining or not. As long as vehicle lamps were equipped with a tungsten filament as the source of light, it was not difficult to determine the actual state. Physical changes of the filament (extension) or chemical changes on its surface (tungsten oxide tarnish) definitely proved that the lamps were shining. The appearance of new sources of light has made investigations extremely difficult. The operation of discharge HID lights, commonly known as xenons, is based on the shining of an ionized gas ball between electrodes, but there is no filament and the shining takes place in the space between two relatively thick metal rods that are completely resistant to any damage. Even when the glass bulb is broken, it may not produce an answer to the investigator's question because, although some anomalies in the electrodes' surfaces can be observed, they are so subtle that they may remain unnoticed on inspection and may not resolve the problem. The problem with LED lamps is even more complex. The structure of these lamps, increasingly used in blinkers (indicators), stop lights, daytime driving lights, and even head lights, consists of a microscopic semiconductor element encapsulated in the plastic shell. This element is practically indestructible in an accident and neither its state nor its appearance indicate whether it was shining or not. An innovation that considerably impedes expert witness reporting is the application in cars of Adaptive Forward Lighting (AFL). The fact that the light beam (LED in particular) is controlled by sensors and cameras according to the vehicle speed, roadway curvature and the lights of oncoming vehicles makes it practically impossible to answer the question as to whether the driver could – and from what distance – see a given obstacle. Indeed, the reconstruction of an event in the form of an experiment at the scene of the accident and performing *in situ* measurements are practically impossible because the distribution of light on the roadway depends on the actual distance from the oncoming vehicle, which in practice cannot be determined.

And to complete the list, the last group of technical innovations is devices for drivers' automatic assistance, which include cameras that keep vehicles in a traffic lane, reversing and parking devices, as well as radars that prevent driving into a preceding vehicle or an obstacle. The benefits of these devices are indisputable, but answering the question as to which manoeuvre of the vehicle was the result of an auto-

matic system and which was caused by the driver is often impossible.

5. Accident-related medicine

A sharp increase in difficulties can also be observed in the field of accident-related medicine. When car bumpers were a narrow strip of metal, wedge shaped lower leg fractures (the so-called Messerer wedge) were a very good indicator of the pedestrian's position with respect to the vehicle. However, since bumpers have become wider and more deeply embedded into the vehicle front, the traditional tibial fracture wedges have been replaced by inverted wedges, and then comminuted fractures, which do not indicate the direction of the collision. It has become necessary to find new markers of the direction of impact. Research has shown that it is possible to confirm regularities related to the impact direction in the case of ankle and knee joints in the form of ligament injuries and petechiae due to compression in articular sockets. However, this requires a more comprehensive scope of post-mortem examinations of the victims, and, moreover, for obvious reasons, such examinations cannot be conducted when the victim has survived.

Routine accident-related medicine examinations/tests include determination of the possibilities of the occurrence of whiplash injuries (injuries to the cervical spine) as well as examinations concerning the scope and severity of injuries resulting from failing to wear seat belts.

Modifications in the legal doctrine and judicial decisions concerning road accidents and the application of the principle of objective imputation of consequence have made it necessary to present expert evidence in the area of potential differences between the severity of an accident caused at the speed at which the driver was proven to have driven, and the severity of an accident that would have occurred at a safe or permitted speed. Also, questions posed by the court or parties to the proceedings concerning biomechanics are increasingly frequent, as a result of which court experts are required to continually update their knowledge and draw on the latest findings of research centres.

6. EDRs, or "black boxes"

Since the amount of information gathered from traces at accident scenes has decreased, people have had less evidence on which to base and fight their cases. Drivers have gained an advantage over non-motorists,

because it is very difficult to prove their actual speed or the location of the event, and hence to determine their responsibility. The strongest protest movement against such unfavourable changes has been active in the United States of America. It has already reached the legislative sphere, as since 2014 all newly manufactured cars should be equipped with EDRs (Event Data Recorders). Their task is to record all the space and time data connected with vehicle movement (speed, acceleration, braking) as well as many “volatile” facts such as the moment of switching on blinkers, using the horn, lights, etc. In Europe, unfortunately, the standard introduction of such devices in cars has been significantly delayed and it seems that a breakthrough can only be expected in the years 2020–2022.

No wonder then that spontaneous initiatives have been taken to equip cars with on-board cameras which record both images and sounds during driving and which are able to store these data in memory. Nowadays these recordings are sometimes the fundamental source of objective data about an event, and are frequently better than EDRs because they show the behaviour of other road users, including those who pose a threat. Apart from on-board devices, there are also stationary devices (cameras), which are installed at an increasing number of crossroads. In fact, asking whether the scene of the event was monitored (by video cameras) has become routine in the investigative procedure. Many objections can be raised against such an Orwellian system of monitoring people’s behaviour, but persons involved in a road accident often have to acknowledge that these systems are the only lifeline in their predicament.

Recently, a deterioration in the quality of the documentation from accident scenes has also been observed. However, the officers responsible for this cannot be reproached for being less thorough in their investigations. This is because the philosophy of providing assistance at the accident scenes has changed. Rescue services, mainly the fire service, have priority in rescue operations. With their heavy equipment, they interfere in the place of the accident, frequently changing the post-collision position of vehicles and generating new traces that are unrelated to the accident itself. Since the original traces are often very small and difficult to spot, the documentation may include traces of uncertain origin; sometimes, it is simply impossible to collect original traces at the scene of the accident. And then the legal problem of the reliability of material evidence arises.

7. Uncertainty in accident reconstruction

The opposite of reliability is uncertainty. The possibility of uncertainty as to the origin of some traces, the possibility of discrepancy in the assessment of events and phenomena by witnesses, as well as the increasing knowledgeability/awareness of parties to legal proceedings resulting from the general availability of technical and criminalistic knowledge result in the fact that the range of uncertainties in particular cases is expanding. This is why court expert witnesses have recently faced new problems linked with assessing uncertainties of the results of their calculations and investigations. Both quantitative and qualitative aspects of the uncertainty of conclusions must be considered.

Uncertainty (methodological error, uncertainty of conclusion, adequacy of methods used) is multi-faceted. The simplest to discuss is quantitative uncertainty.

If the process of calculation of some value is based on a set of measurement data and supplemented with some data from the literature in the field, each value can be assigned a scatter, mean, or boundary value which corresponds to a certain percentage of road users, e.g. 85–95%. Next, using a formula which is the basis for calculating the required unknown, the value can be recalculated several times, for instance for the minimum, mean and maximum value, using the boundaries of scatter of the particular values, or a certain reliability σ can be calculated for the expected value. The question remains as to whether the range of values calculated in this way can be adopted as having really occurred during the investigated event. If the formula describing the searched unknown is more complex and you cannot predict which set of data will result in the calculation of the minimum or maximum value, the correct way to calculate the value of the confidence interval is to use exact differential. The variables that have the decisive influence on the final result can be found by calculating sensitivity indices or by relying on the expert’s experience and intuition. In actual practice, however, the complex calculations of uncertainty would take up about 80% of the expert report and would not necessarily be clearly understood by the legal profession.

In everyday applications, calculations are frequently more complex and the searched unknown is found by way of solving numerous equations. In this context, it is impossible to define a formula for calculating uncertainty. Obviously, some help is provided by simulation software that can predict the behaviour of vehicles for the widest possible range of variable parameters. Selection of the initial values of parameters can be controlled manually, with the help of optimisation,

or by using the Monte Carlo method (e.g. PC-Crash, RWD 2). Then the result is a probability density distribution which has the shape of two or three dimensional bell curve Wach, Unarski, 2007a).

Figure 1 illustrates the scene of collision of two vehicles and their final positions. At impact, the blue vehicle (no. 2) was practically stationary: $v_n = 0$ km/h, while the red vehicle (no. 1) was moving at a speed of $v_c = 68$ km/h.

The velocities of the vehicles during collision reconstructed by simulation using the Monte Carlo method are shown in Figure 2 as a 2D probability den-

sity distribution $d(v_c, v_n)$ (Wach, Unarski, 2006, 2007). It should be noted here that despite the application of refined numerical methods, the velocities calculated at a sufficiently high level of reliability were $v_c = 60-66$ km/h for one vehicle and $v_n = 0-3$ km/h for the other one. So it cannot be proved by mathematical methods that one of the vehicles was not moving. This stems from the fact that all the adopted values had an uncertainty range, and to answer the question as to whether the vehicle was moving or not would require the adoption of zero error of data.

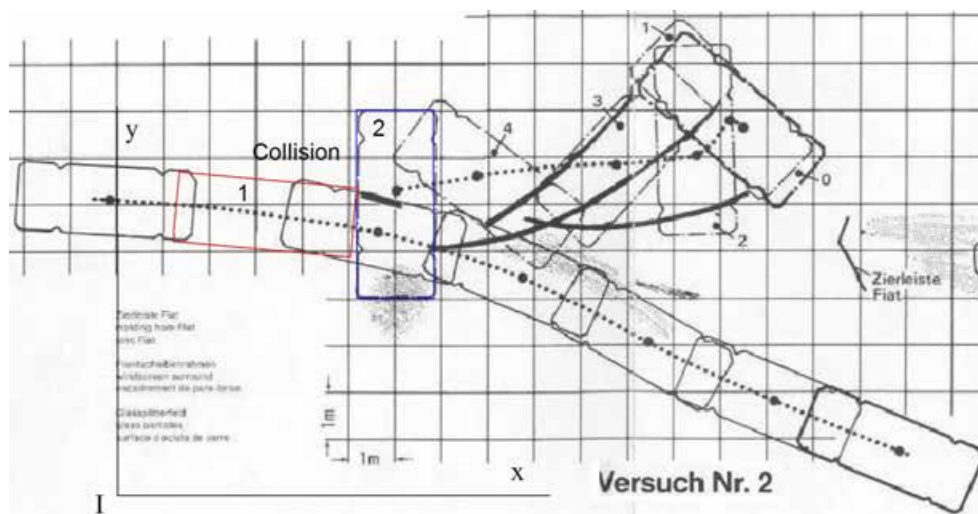


Fig. 1. Collision and final positions of two colliding vehicles.

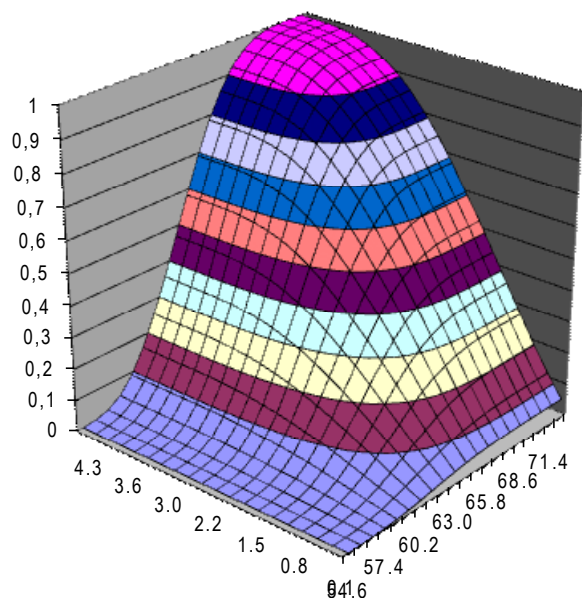


Fig. 2. Probability density distribution of colliding vehicles calculated by means of the Monte Carlo method.

Since in the case of real accidents it is often necessary to simultaneously determine both the impact point and the velocities of the colliding vehicles, the complexity of the task increases considerably and the uncertainty level of the result also increases.

If we were to assume that the velocities were known ($v_n = 0$ km/h, $v_c = 68$ km/h), the probability density distribution of the location of impact would look as shown in Figure 3.

If, however – as happens more and more often – there are no traces of vehicle wheels that lead to the collision location, or any other trace indicating the collision point, then due to the fact that the equations describing this event involve data on both velocity and vehicle position, the uncertainty of determining the collision location increases significantly, which is graphically illustrated in Figure 4.

If a question posed by a judicial body concerns the determination of crossing of the roadway axis by one of the vehicles, finding an answer by way of calculation may turn out to be impossible, because there will

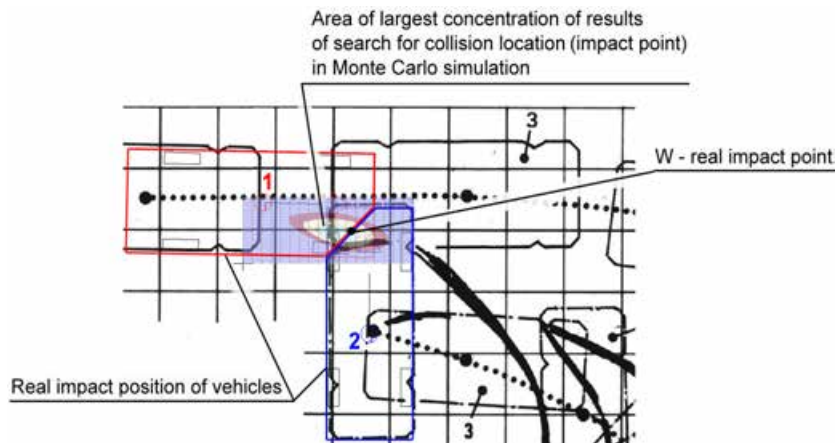


Fig. 3. Collision location – density distribution (bird's eye view) for the calculation of collision location at a precisely known velocity.

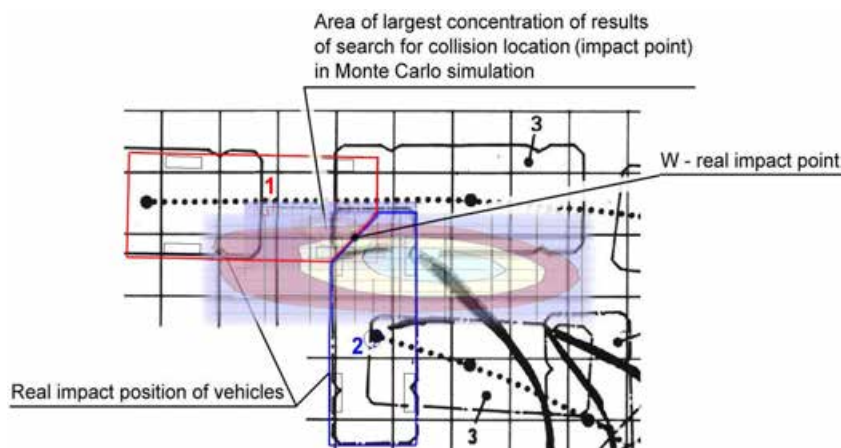


Fig. 4. Collision location – density distribution (bird's eye view) for simultaneous calculation of velocity and impact point.

be too many answers – even if they are answers of a high degree of probability. This supports commonly expressed doubts of people – even laypersons – who find it hard to believe that it is possible to prove that for example, one of the vehicles (involved in a collision) crossed the roadway axis by 0.2 m and the post-impact distance between the vehicles was, for instance, 20 m, if the calculations are not supported by traces found at the scene of the accident.

This supports commonly expressed doubts of people – even laypersons – who find it hard to believe that it is possible to prove that fact.

8. Uncertainty of time-distance analysis

Experts engage in similar deliberations linked to uncertainty analysis for car-to-pedestrian collisions (Unarski, 2009; Wach, Unarski 2007a). First of all, the concept of a driver's mean reaction time of, for example, 1 s is not used any more. Only half of drivers fulfilled such an assumption. Now, such a driver's reaction time is assumed that is fulfilled by a suffi-

ciently high percentage, i.e. 85–95% of drivers. Moreover, depending on the road situation, two emotional states of drivers connected with road traffic are distinguished: regular attention, which is obligatory during the whole time that the vehicle is moving – when a driver can face so-called unexpected obstacles; and a state known as special attention in locations enumerated in the *Road Traffic Act*, and also when the situation on the road requires it. Then obstacles that may appear on the roadway are called expected obstacles.

Apart from these elements of the analysis, owing to the ease of operating computer drawings and calculations, calculations are done not only for the extreme values of intervals, but also for a large number of points within the intervals. This has fundamental significance for making inferences, especially when extreme values produce contrary results for determining responsibility (yes/no). If analysing the extreme values, we do not know whether combining different values of movement parameters would give similar percent values for the possibility of avoiding a collision (no 50%, yes 50%), or whether the distribution

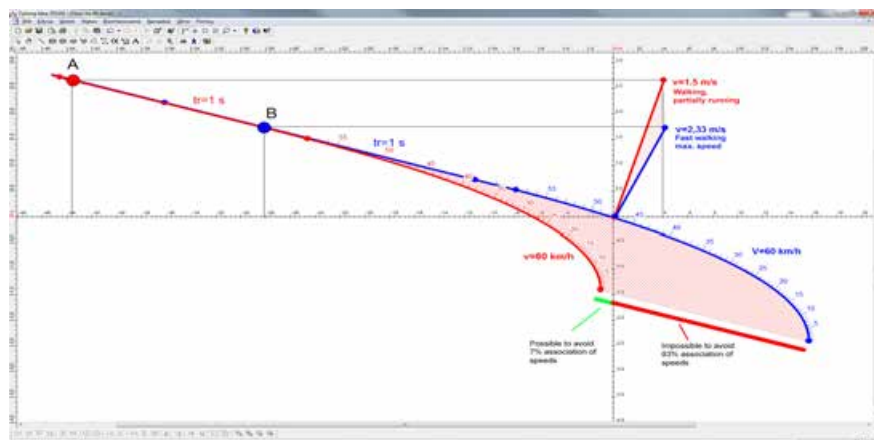


Fig. 5. Time-distance curve for a car-to-pedestrian collision.

would be completely different (no 93%, yes 7%; cf. Figure 5).

An achievement of recent years – that has been applicable in practice – has been the determination of the potential velocity of colliding with a pedestrian, even when physically avoiding the collision was impossible (Unarski, 2009; Unarski, Dębska, 2009). In such a case, however an expert witness’s range of duties includes giving the actual velocity of impact and determining the level of potential factors mitigating the effects of the impact. This was supported by the judicial decisions and practice of the Supreme Court, which in some cases adopted both the fundamental cause-and-effect doctrine and the doctrine of the so-called imputation of consequences.

9. Objective measurements of sighting distance

An extremely interesting novel development made possible thanks to miniaturisation and advances in measurement instrumentation electronics is the determination of potential sighting distance by a driver on a roadway in both darkness brightened by vehicle headlights and on illuminated city streets. Previously this distance was determined using the results of other studies. Such studies were performed in various road, weather and illumination conditions and the objects used were usually in standard colours, frequently different from those for which the sighting distance had to be determined. Moreover, it was impossible to apply appropriate measurement equipment in field conditions, because the equipment was not suitable for such tasks (measurement of the luminance of small objects from a distance of 100 to 20 metres). Only the application of extremely sensitive photographic matrices and the development of special measurement software made it possible to measure the luminance of

an object and the background. This was done by, inter alia, the German firm TechnoTeam in the LMK program (Unarski, Wach, Ciępka, 2013a, 2013b). Thanks to this program, field measurements and photographs of an object in the lighting conditions and location of interest to the investigator could be taken, which was followed by determination of the level of luminance (Figure 6) at important points in space.

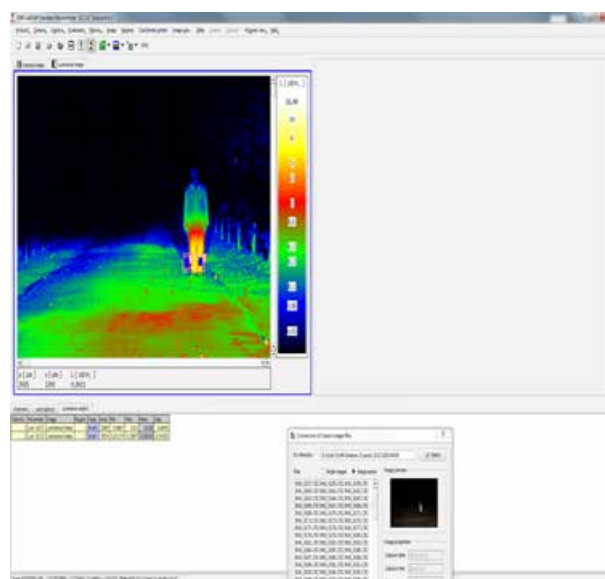


Fig. 6. A pedestrian illuminated by car passing lights – luminance measurement.

Measurement of the value of luminance and calculation of the luminance difference is not a difficult task these days. What is much more complicated is the determination of the so-called luminance difference threshold, i.e. the value that the actual luminance difference must exceed for the object to be perceived. There are many detection and perception theories (Adrian, Blackwell, Carraro). However, it is difficult to select

one that would be valid at dynamically changing illumination and in circumstances where the driver has to perform all the activities connected with driving itself, and not just focus on a single point ahead. It should also be remembered that for sighting to be effective, i.e. sighting that would result in avoiding an obstacle or braking before it, it must take place in the initial phase of the reaction time called “detection”, which is ca. 0.2 seconds. This is why it took many trials and experiments to match theories with practice and to adopt correction factors. Fortunately, now it is possible to determine the potential sighting distance by studying

the given event and calculating the appropriate value by computer or graphic techniques (Figure 7).

What remains a more challenging task is, however, to calculate the sighting distance when the driver is blinded by glare, i.e. when s/he is approaching an object and there are oncoming vehicles or objects shining with intense light (street lamps, billboards) which impede perception due to the so-called luminance blur. A typical example is driving across an illuminated pedestrian crossing located on a non-illuminated road. What makes analysis difficult is that each source of glare has to be considered separately, and so the calcu-

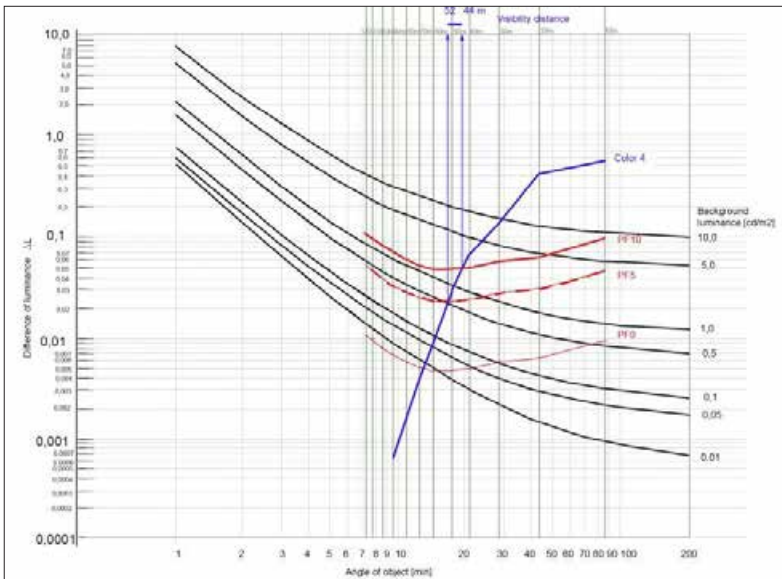


Fig. 7. Graphic determination of sighting distance.

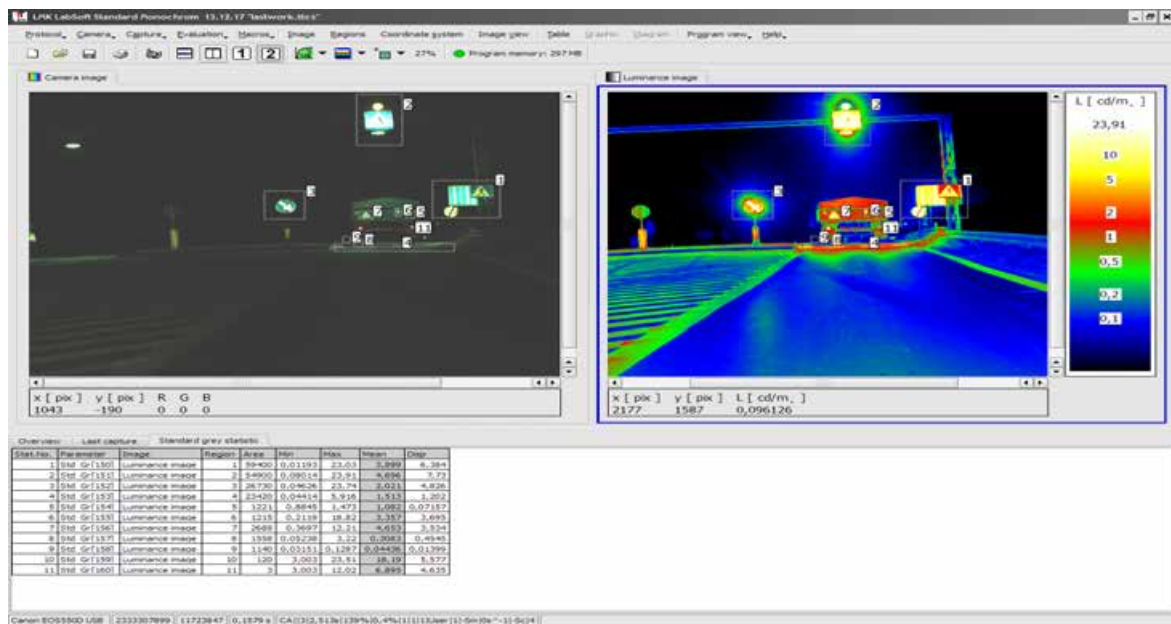


Fig. 8. Driving across an illuminated pedestrian crossing – driving into the rear of a non-illuminated trailer.

lation procedure is much more complex. Such a situation is shown in Figure 8.

Glare significantly decreases the possibility of sighting an obstacle because the human eye protects itself against excess light by adapting to lights producing glare, and hence fails to perceive non-illuminated objects or perceives them with a delay. A procedure of calculating sighting distance in such circumstances has been developed at the Institute of Forensic Research (Unarski, 2003; Unarski, Wach, Ciępa, 2013b), and it is becoming increasingly common in expert witness reports.

10. Complex expert reports

Usually complex expert reports, based on interdisciplinary co-operation, are drawn up to determine who the driver was. The main technical and reconstruction conclusions are supported by medical analyses of injuries and criminalistic analyses (clothing, glass, traces and prints, DNA). Professionals in each discipline provide their findings and the partial conclusion have a certain degree of likelihood. Sometimes the degree of likelihood is very high and the unequivocal conclusions are beyond dispute (e.g., identification of a drop of blood on the basis of DNA tests), whereas at other times this degree may be low. But a partial conclusion describing the degree of likelihood of the origin of a trace, even when high, may turn out to be an insignificant detail when the possibility of the trace's formation is unknown in the circumstances of the given accident. For example, 100% certainty of identification of a blood trace found on a driver's seat may in practice turn out to be completely irrelevant in determining who the driver was, if all injured persons were removed from the car by way of this seat and door.

Is it thus possible to formulate concrete conclusions as to the identity of the driver when many facts of various degrees of likelihood have to be combined together? It has to be remembered here that the high degree of likelihood of, for instance, DNA test results is based on the fact that they refer to a large population, so the likelihood of an incorrect result is extremely low. On the other hand, it is impossible to determine a high degree of likelihood that a given seat belt was used by a given car occupant during an accident on the basis of insignificant physical changes on this belt, where the belt shows a high level of wear and tear. Moreover the current limited data base of other examined safety belts in a similar condition does not help either.

To enable the determination of a resultant likelihood of the final conclusions, the applicability of

Bayes conditional probability method was developed at the Institute of Forensic Research (Wach, 2011). Strictly speaking, it refers to the likelihood ratio of the event that A. K. was the driver and the event that A. K. could not have been the driver. For this purpose it is necessary to draw up appropriate graphs (Figure 9), which encompass partial conclusions from various disciplines together with the corresponding degrees of likelihood assigned to them. Next, on the basis of the expert's conclusions, hard evidences are defined (i.e. those that can be considered as invariants) and next by way of arduous calculations, the result in the form of the expected likelihood ratio is reached.

A real interpretation problem occurs, however, when it is necessary to provide a final interpretation of this ratio – due to the fact that individual tests are not based on “large numbers”, the certainty of the final conclusion as to the driver's identity may not be high. For example, working out an intricate network structure for a given accident based on eight traces and premises indicates that it is 2.3 times more probable that the driver was A. K. than F. E., which was assumed initially. The likelihood ratio written as 2.3 means the same as 70% probability that A. K. was the driver and 30% probability that he was not. The suggestion that F. E. was not the driver at a level of 30% results from the fact that there were only two occupants of the car. If there were more occupants, the value of the ratio might be even lower (but not necessarily). It is completely illusory (on the part of parties to the proceedings) to expect the driver's identity to be determined categorically or with 99.9% probability. There remains the question of how to verbalise the likelihood ratio of 2.3 reached by means of this method, as the figure itself would not mean much to the court. In conclusion, does it indicate a high degree of certainty that it was A. K. that was the driver, or does it mean that there is only a slightly higher probability imputing the deed to A. K.? There is no answer that can be substantiated in an irrefutable way.

11. Conclusions

From the presented review of the developments in the technology of court expert reporting on road accidents, it is evident that there have been many important changes in recent years, and computer techniques have been introduced in numerous disciplines of research. Obviously, advances have been possible not only thanks to computers and other techniques, but also due to the theoretical and research studies done over the years. It is worth mentioning that the rele-

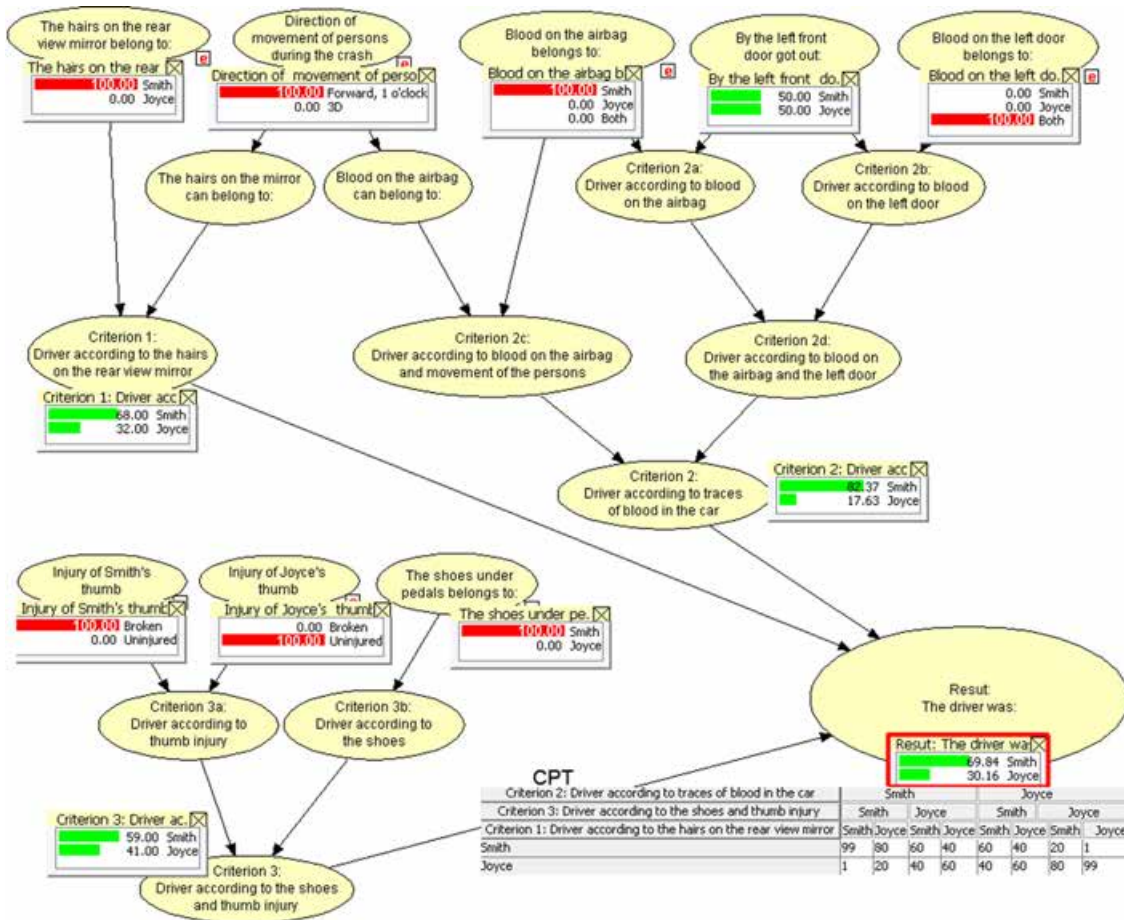


Fig. 9. An example of a Bayes network for determining the probability of the driver's identity (Wach, 2011).

vant theories and studies relating to the possibilities of calculating sighting distance were carried out in the world as late as the years 1990–2005. It can be expected that research will be continued in future aimed at reducing the negative effects of the lack of traces at accident scenes, chiefly through the application of instruments that monitor and record vehicle operation and the behaviour of road users. There has been slow progress in legislation in this field in Europe, but this is being made up for by society in general (private individuals), who are using of miniaturised recording equipment.

The technology of expert reporting is only one side of the issue. The other side is the law and judicial decisions. In recent years, the Road Traffic Act has been modified and amended several times and the rules, including fundamental ones (e.g. relating to cycling traffic) have changed many times. It is no wonder in these circumstances that road users do not even try to keep track of these changes, to say nothing of complying with them in practice. The press and media

provide various, often conflicting, interpretations of legally binding behaviours in various specific circumstances. Moreover, there is no uniformity in the judicial decisions of the Supreme Court in these matters. Some of these problems have been discussed in the specialist monthly *Paragraf na Drodze (Paragraph on the Road)*. Ordinary road users are, however, not interested in professional deliberations and many bad habits and behaviours have become ingrained among drivers. Unfortunately, the negative behaviours are most deeply rooted.

It can be expected that in the near future one of the fundamental problems will be, apart from the lack of traces, problems related to discrepancies in expert reporting as to the effect of excess speed – of motorcycles in particular – on the possibilities of human perception of speed (Unarski, 2010). Another issue will relate to the joint responsibility of drivers and pedestrians and cyclists when (pedestrians and cyclists are) crossing the street at pedestrian crossings. There is also an urgent need to find legal solutions to the dras-

tic problem of speeding. As the debate that followed the publication of the paper by Unarski and Dębska (2009) indicates, legal circles are clearly resistant to a more elastic assessment of responsibility in cases of extreme speeding which carry a heavy risk of causing major accidents and disasters.

References

1. Unarski, J. (2009). Nadmierna prędkość a przyczynienie się do skutków wypadku. *Paragraf na Drodze, numer specjalny*, 277–290.
2. Unarski, J. (2003). Prędkość bezpieczna w nocy. Dyskusja nad kryteriami oceny. *Paragraf na Drodze*, 3, 31–43.
3. Unarski, J. (2010). Rozpoznanie prędkości nadjeżdżającego pojazdu, w tym motocykla. *Paragraf na Drodze*, 6, 62–71.
4. Unarski, J., Dębska, H. (2009). Wpływ nadmiernej prędkości pojazdu mechanicznego na odpowiedzialność sprawcy wypadku. *Palestra*, 9/10, 101–110.
5. Unarski, J., Wach, W., Ciępka, P. (2013a). Determining visibility distance based on measurements with LMK system. (In) *Proceedings of 22nd EVU Annual Conference – Firenze 2013*, 85–94.
6. Unarski, J., Wach, W., Ciępka, P. (2013b). Widoczność przeszkód w nocy – pomiary systemem LMK. *Paragraf na Drodze, numer specjalny*, 281–296.
7. Wach, W. (2011) Prawdopodobieństwo warunkowe i sieci Bayesa w rekonstrukcji wypadków drogowych. *Paragraf na Drodze, numer specjalny*, 383–396.
8. Wach, W., Unarski, J. (2006). Determination of vehicle velocities and collision location by means of Monte Carlo simulation method. (In) *SAE Special Publication SP-1999 Accident Reconstruction*.
9. Wach, W., Unarski J. (2007a). Uncertainty analysis of the preimpact phase of a pedestrian collision. (In) *SAE Special Publication SP-2063 Accident Reconstruction*.
10. Wach, W., Unarski, J. (2007b). Uncertainty of calculation results in vehicle collision analysis. *Forensic Science International*, 167(2/3), 181–188.

Corresponding author

Dr Jan Unarski
Instytut Ekspertyz Sądowych
ul. Westerplatte 9
PL 31-033 Kraków
e-mail: junarski@ies.krakow.pl

ZMIANY W TECHNOLOGII OPINIOWANIA WYPADKÓW DROGOWYCH

1. Wstęp

Lata osiemdziesiąte ubiegłego wieku okazały się niezwykle doniosłe w dziejach cywilizacji. Wprowadzono wówczas do powszechnego użytku cyfrowe maszyny liczące w swej zminiaturyzowanej formie, znane dzisiaj jako komputery osobiste. Wystarczyło dwadzieścia lat ich historii, aby każdy pojazd, a także prawie każdy artykuł gospodarstwa domowego i element infrastruktury środowiska, zostały wyposażone w czujniki, mikroprocesory, wyświetlacze i elementy globalnej łączności. Właściwie coraz trudniej znaleźć człowieka, który w jakiś sposób nie zostałby osaczony przez wszechobecną elektronikę i nie byłby zmuszony dostosować się do jej reguł.

W komunikacji lotniczej, kolejowej morskiej i drogowej zarówno infrastruktura, jak i same pojazdy zostały wyposażone w dużą liczbę urządzeń mających zapewnić większe bezpieczeństwo bierne i czynne środków komunikacji, rzecz jasna, również opartych na elektronice. Dalej same pojazdy przeszły gruntowną metamorfozę i w jakimś stopniu rezygnuje się już z niektórych form prowadzenia pojazdu (parkowanie) lub jego obsługi przez człowieka, a funkcje te przejmują urządzenia przeprowadzające automatycznie zaprogramowane procedury lub nawet wykorzystujące sztuczną inteligencję do wspomaganie obsługi transportu. To przyspieszenie szczególnie widoczne w krajach przodujących w technice rozpoznało się na całym świecie, niosąc z jednej strony zwiększenie bezpieczeństwa, z drugiej zaś zmieniając dotychczasowe standardy związane z działaniem wymiaru sprawiedliwości.

O ile w lotnictwie i kolejnictwie pojazdy wyposażane są w systemy nadzoru i rejestrowania (czarne skrzynki), o tyle w praktyce urządzenia te nie istnieją w komunikacji samochodowej – przynajmniej na terenie Europy. Rozwój pojazdów i poprawa bezpieczeństwa podróżujących nimi osób spowodowały, że dotychczasowe ślady, które pojazdy pozostawiają po swojej jeździe, kolizjach i wypadkach drogowych, przestały być znajdowane na miejscach zdarzeń. W związku z tym proces opiniowania zaczął natrafiać na obiektywne trudności, co oczywiście musiało przełożyć się na społeczny odbiór zmniejszenia efektywności działania wymiaru sprawiedliwości.

2. Rodzaje śladów i zmiana ich charakteru

Kiedy jednak spróbujemy wyliczyć utrudnienia, na jakie natrafiają służby działające na miejscu kolizji i wypadków, to okazuje się, że liczba ich jest bardzo duża. Utarła się nawet nazwa *clean accident* opisująca trudno-

ści w znalezieniu i opisanie śladów na miejscu zdarzenia.

Do takich śladów (a raczej ich braku) utrudniających analizę wypadku należą:

- ślady hamowania: ich brak związany jest z występowaniem systemów ABS w pojazdach;
- systemy kontroli trakcji ESP zacierające granicę, co jest wynikiem działania kierowcy, a co nie;
- minimalizacja liczby odłamków szkła z uwagi na powszechność występowania szyb klejonych oraz osłon z tworzyw sztucznych;
- brak odłamków lakieru spowodowany nakładaniem elastycznych pokryw lakierniczych;
- relaksacja w tworzywach sztucznych powodująca powrót części pojazdu po odkształceniu do pierwotnego kształtu;
- stosowanie niezarowych źródeł światła (HID, LED) niepozwalających na określenie stanu oświetlenia;
- zamiana tachografów analogowych na cyfrowe, co ogranicza liczbę dostępnych danych;
- sygnalizacja adaptacyjna trójkolorowa o zmiennym czasie trwania faz, bez możliwości odtworzenia zapisu;
- reflektory adaptacyjne AFL samodzielnie regulujące zasięg strumienia światła i uniemożliwiające określenie zakresu widoczności;
- radarowe systemy przeciwwkolizyjne uniemożliwiające rozeznanie, co stanowi wynik działania kierowcy, a co systemu itd.

3. Wpływ braku danych na możliwości opiniowania

Wpływ powyższych utrudnień na możliwości opiniowania staje się coraz bardziej znaczący. Otóż wyposażenie pojazdów w układy przeciwblokujące popularnie nazywane ABS powoduje, że nie pozostawiają one śladów hamowania, podstawowego nośnika informacji o ich prędkości. Pozostają najczęściej wyłącznie dywagacje oraz wyliczenia oparte na zeznaniach świadków lub teoretyczne wyliczenie prędkości „nie mniejszej niż”, mogącej nie mieć nic wspólnego z rzeczywistością. Układy kontroli trakcji ESP samodzielnie, niezależnie od poczynań kierowcy, zmieniają i korygują tor poruszania się pojazdu, nie pozostawiając śladów ani świadectwa ich funkcjonowania. Nie sposób zatem jest określić, jakie działania podjął kierowca, a jakie automat. Inny tradycyjny ślad w postaci relacji pomiędzy wielkością pola rozrzutu odłamków szkła z szyby przedniej lub reflektora pojazdu a prędkością pojazdu w momencie rozbicia, również

przestaje funkcjonować. Powodem są wielowarstwowe przednie szyby klejone, które zastąpiły szkło hartowane i nawet po ich rozbiciu, np. przez pieszego, liczba odłamków jest tak mała, że nie można ich wykorzystać do wyznaczenia prędkości (wyliczenia te oparte są na statystycznych prawidłowościach). Z kolei w reflektorach szkło nieorganiczne zostało zastąpione wysokoudarowym szkłem z poliwęglanów, które uderzone nie pęka, więc na jezdni nie pozostają jego odłamki. Tradycyjny wyznacznik miejsca kolizji w postaci znajdujących na jezdni płytek wierzchniej warstwy lakieru z kolidujących pojazdów również utracił na znaczeniu z powodu stosowania do pokrywania samochodów i zderzaków lakierów elastycznych, które po odkształceniu powracają do pierwotnego kształtu, wykazując jedynie zarysowania powierzchni. Sytuacja taka powoduje konieczność ustawicznego poszukiwania nowych śladów i prowadzenia badań nad ich interpretacją, co umożliwiłoby zastąpienie dotychczasowych podstaw wnioskowania o miejscu kolizji i prędkości pojazdu w momencie jej powstania. Wydawałoby się, że znaleziono taki nowy marker w postaci tzw. przyrostu długości rozwinięcia, tj. różnicy pomiędzy śladem uderzenia głowy pieszego w przednią część samochodu (szybę lub pokrywę silnika), a miejscem, które odpowiada wzrostowi pieszego mierzonym po konturze przodu pojazdu. Parametr ten przez kilka lat dobrze funkcjonował przy ustaleniu prędkości pojazdu podczas potrącenia pieszego. Tymczasem okazało się, że z uwagi na konieczność poprawy bezpieczeństwa zmieniono kształt przodu pojazdów i by zmniejszyć zakres obrażeń podudzia, zdecydowano się zwiększyć sztywność dolnej krawędzi zderzaków. Spowodowało to utratę dotychczasowej przydatności parametru rozwinięcia, a więc nastąpił powrót do punktu wyjścia. Jedynym pocieszeniem jest fakt, że beneficjentami tych zmian zostali przechodnie, bowiem samochody stały się o wiele bezpieczniejsze i praktycznie większość potrąceń do prędkości 50 km/h, a więc potrąceń „miejskich”, kończy się przeżyciem tych osób.

4. Światła, żarówki i systemy wspomagające kierowcę

Przykładem narastających trudności jest również ustalenie faktu świecenia się, bądź nie, żarówek pojazdu. Dopóki żarówki pojazdu wyposażone były w źródła światła w postaci wolframowego żarnika, dopóty badania takie nie natrafiały na specjalne trudności w ustalaniu stanu faktycznego. Zmiany fizyczne żarnika (rozciąganie) lub chemiczne na jego powierzchni (nalot tlenku wolframu) niezawodnie wskazywały na świecenie się żarówek. Pojawienie się nowych źródeł światła niepomierne utrudniło takie badania. Światła wyładowcze HID, popularnie zwane ksenonami, opierają swoje działanie

na świeceniu się zjonizowanej kuli gazu pomiędzy elektrodami. Nie ma w nich jednakże żarnika, a świecenie następuje w przestrzeni pomiędzy dwoma stosunkowo grubymi prętami metalowymi, które niepodatne są na jakiegokolwiek uszkodzenia. Nawet rozbicie bańki szklanej może nie przynieść odpowiedzi na nurtujące badającego pytanie, gdyż, co prawda, obserwuje się wtedy pewne anomalie w wyglądzie powierzchni elektrod, ale są one na tyle subtelne, że mogą zostać niezauważone podczas oględzin i nie przynieść rozstrzygnięcia. Jeszcze gorzej ma się sprawa ze światłami diodowymi typu LED. Światła te, coraz popularniejsze jako światła kierunku, stopu, światła do jazdy dziennej, a nawet jako światła główne pojazdu, stanowią w swojej budowie mikroskopijny element półprzewodnikowy zatopiony w kropki z tworzywa sztucznego. Element ten nie podlega praktycznie żadnej destrukcji podczas zdarzenia, a jego stan i wygląd są niezależne od tego, czy się świecił, czy też nie. Jedną z innowacji mających istotny wpływ na pogorszenie możliwości opiniowania jest stosowanie w samochodach systemu oświetlenia AFL (Adaptive Forward Lighting). Powierzenie systemowi wyposażonemu w czujniki i kamery zarządzanie strumieniem światła (w szczególności typu LED) adekwatnie do prędkości pojazdu, krzywizny drogi i światła pojazdów nadjeżdżających z przeciwka, w zasadzie uniemożliwia udzielenie odpowiedzi na pytanie, czy kierujący mógł – i z jakiej odległości – dostrzec określoną przeszkodę. Nawet odtworzenie zdarzenia w drodze eksperymentu procesowego i prowadzenie pomiarów w terenie jest w zasadzie niemożliwe, gdyż rozkład światła na jezdni zależy jest od faktycznej bieżącej odległości od pojazdu nadjeżdżającego z przeciwnego kierunku, czego w praktyce nie da się ustalić.

Ostatnią innowacją techniczną stanowią urządzenia samoczynnie wspomagające kierowcę, a więc kamery prowadzące pojazdy w pasie drogowym, automaty do cofania i parkowania oraz radary niedopuszczające do najechania na poprzedzający pojazd lub przeszkodę. Dobrodziejstwo z nich płynące jest niepodważalne, lecz odpowiedź na pytanie, które zachowanie się pojazdu było wynikiem samoczynnego działania systemu automatycznego, a które kierowcy, jest często niemożliwe.

5. Medycyna wypadkowa

Gwałtowny wzrost trudności można również zauważyć w dziedzinie medycyny wypadkowej. Dopóki zderzaki samochodów stanowiły wąski pasek metalu, powstawanie obrażeń podudzi w postaci złamania z tzw. trójkątem Messerera było bardzo dobrym wyznacznikiem pozycji pieszego przed pojazdem. Ale odkąd zderzaki przednie stały się szersze i bardziej wtopione w przód pojazdu, tradycyjny trójkąt złamania kości podudzia zmienił swój wygląd na trójkąt odwrotny, a następnie na

złamania wieloodłamowe, niewskazujące kierunku potrącenia. Trzeba było znaleźć nowe markery kierunku uderzenia. Jak wykazały prace badawcze, udało się potwierdzić prawidłowości związane z kierunkiem potrącenia w obrębie stawów skokowych i kolanowych występujące pod postacią obrażeń więzadłowych oraz wybroczyn z powodu kompresji w panewkach stawowych. Wymaga to jednakże zmiany i rozszerzenia zakresu badań sekcyjnych ofiar, a nadto – z oczywistych względów – rezultaty tych badań nie są dostępne w przypadku pozostania ofiar przy życiu.

Do rutynowych badań mających związek z medycyną wypadkową doszły jeszcze ustalenia możliwości powstania obrażeń typu *whiplash* (obrażenia kręgosłupa szyjnego), a także związane z zakresem i ciężkością obrażeń w przypadku zaniechania użycia pasów bezpieczeństwa.

Modyfikacje w doktrynach prawnych i orzecznictwie wypadków drogowych oraz korzystanie z zasady obiektywnego przypisania skutku spowodowały z kolei konieczność opiniowania w zakresie potencjalnych różnic w ciężkości wypadku spowodowanego przy prędkości udowodnionej kierowcy, a przy prędkości bezpiecznej bądź dopuszczalnej. Coraz częściej pojawiają się również ze strony sądów bądź stron pytania z zakresu biomechaniki. Zmusza to ekspertów do ustawicznego poszerzania swojej wiedzy i korzystania z najnowszych dorobku ośrodków badawczych.

6. EDRy, czyli czarne skrzynki

Spadek liczby informacji uzyskiwanych dzięki śladom z miejsca wypadku spowodował, że społeczeństwo stało się bardziej bezbronne przy dowodzeniu swoich racji. Kierowcy zyskali nad niezmotoryzowanymi przewagę w postaci niemożności udowodnienia im faktycznej prędkości jazdy, położenia miejsca zderzenia, a więc określenia ich odpowiedzialności. Najbardziej zdecydowany ruch przeciwstawiający się tym niekorzystnym zmianom uaktywnił się w Stanach Zjednoczonych. Dotarł on już do sfery ustawodawczej, gdyż od roku 2014 wszystkie samochody opuszczające fabryki powinny być wyposażone w wypadkowe rejestratory danych EDR (Event Data Recorder). Ich zadaniem będzie zapamiętywanie w wszystkich, przestrzennych i czasowych danych związanych z ruchem pojazdu (prędkości, przyspieszenia, hamowania), a także rejestracja wielu ulotnych faktów, np. momentu włączenia kierunkowskazów, użycia sygnału dźwiękowego, świateł itp. Niestety w Europie opóźnia się znacznie wprowadzenie tych urządzeń jako standardu w pojazdach i wydaje się, że dopiero w latach 2020–2022 można będzie spodziewać się przełomu.

Nic więc dziwnego, że samorzutnie zainicjowano wyposażanie samochodów w kamery pokładowe rejestrujące obraz i dźwięk w czasie jazdy i mające możli-

wość przechowywania tych danych w pamięci. Jest to obecnie czasem podstawowe źródło obiektywnych danych o zdarzeniu, niejednokrotnie lepsze niż urządzenia EDR, pokazuje bowiem zachowania innych uczestników ruchu, również tych, którzy stwarzają zagrożenie. Oprócz urządzeń pokładowych istnieją również urządzenia stacjonarne (kamery), które instalowane są na coraz większej liczbie skrzyżowań. Właściwie staje się już rutyną w śledztwie zapytanie, czy miejsce zdarzenia objęte było monitoringiem. Można wiele zarzucić orwelowskiemu systemowi monitorowania zachowań się społeczeństwa, ale osoby uczestniczące w zdarzeniu drogowym często zmuszone są uznać te systemy jako jedyny ratunek w ich trudnych problemach.

W ostatnim czasie zauważa się również pogorszenie jakości dokumentacji dostarczanej z miejsca zdarzenia. Nie można jednakże wytykać służbom za to odpowiedzialnym mniejszej staranności w przeprowadzaniu dochodzenia. Zmieniła się bowiem filozofia udzielania pomocy na miejscu wypadku. Służby ratunkowe, oparte w głównej mierze o straż pożarną, posiadają priorytet podczas akcji ratunkowych. Wyposażone w ciężki sprzęt, ingerują w miejsce zdarzenia, niejednokrotnie zmieniając powypadkowe położenie pojazdów oraz generując wiele nowych śladów niemających z nim związku. Ponieważ oryginalne ślady są często bardzo niewielkie, trudno widoczne, więc do dokumentacji trafiają także o niepewnym pochodzeniu; czasem jest wręcz niemożliwe, by pobrano je na miejscu zdarzenia. Pojawia się wówczas problem prawny związany z wiarygodnością materiału rzeczowego.

7. Niepewność w rekonstrukcji zderzeń

Odwrotnością pojęcia wiarygodności jest pojęcie niepewności (ang. *uncertainty*). Możliwość niepewności co do pochodzenia niektórych śladów, możliwość rozbieżności w ocenie zdarzeń i zjawisk przez świadków, a także zwiększająca się świadomość stron procesowych dzięki powszechnej dostępności do wiedzy technicznej i kryminalistycznej powoduje, że zasób wątpliwości w poszczególnych sprawach rozszerza się naturalnie lub sztucznie. Stąd opiniujący w ostatnich latach natrafili na nowe problemy związane z oceną niepewności wyników swoich obliczeń i dociekań. Niepewność ustaleń musi być rozważana szeroko, a więc w aspekcie ilościowym i jakościowym.

Niepewność (błąd metody, niepewność ustalenia, adekwatność użytych metod) ma swoje różnorodne oblicza. Prostsza do omówienia jest niepewność ilościowa.

Jeśli proces obliczenia jakiejś wielkości zostanie oparty o zestaw danych pomiarowych i uzupełniony o dane z literatury przedmiotu, to każdej z wielkości można przypisać odpowiedni rozrzut, wartość średnią bądź też

wartość graniczną, jaką spełnia określony procent użytkowników dróg, np. 85–95%. Następnie, znając wzór, na podstawie którego wyznacza się pożądaną niewiadomą, można przeliczyć wartość kilkakrotnie, na przykład dla wartości minimalnej, średniej i maksymalnej, wykorzystując granice rozrzutów poszczególnych wartości bądź też można wyliczyć określony poziom ufności σ dla wartości oczekiwanej. Pozostaje jeszcze odpowiedź na pytanie, czy tak wyliczony przedział wartości można przyjąć za mający miejsce w czasie opisywanego zdarzenia. Jeśli wzór opisujący poszukiwaną niewiadomą jest bardziej skomplikowany i nie można przewidzieć, który układ danych spowoduje wyliczenie wartości minimalnej lub maksymalnej, to wtedy właściwe jest wyliczenie wartości przedziału ufności za pomocą różniczki zupełnej. Wyliczenie współczynników wrażliwości bądź doświadczenie i intuicja eksperta potrafią znaleźć te zmienne, które mają decydujący wpływ na wynik ostateczny. W praktyce jednak wyliczenia niepewności zajęłyby 80% objętości ekspertyzy i byłyby zupełnie nieczytelne dla prawników.

W codziennym zastosowaniu obliczenia bywają dużo bardziej skomplikowane i poszukiwaną niewiadomą uzyskuje się po rozwiązaniu wielu równań. W tej sytuacji nie jest możliwe ustalenie wzoru zapewniającego wyliczenie niepewności. Z pomocą przychodzą programy komputerowe z grupy symulacyjnych, które potrafią przewidywać, jak zachowają się pojazdy przy założeniu możliwie szerokiego przedziału zmiennych parametrów. Sterowanie przyjmowaniem wartości parametrów początkowych może odbywać się ręcznie, za pomocą optymalizacji bądź z wykorzystaniem metody Monte Carlo (np. program PC-Crash, RWD 2). Wtedy jako wynik uzyskuje się rozkład gęstości prawdopodobieństwa przyjmujący charakter krzywej dzwonowej płaskiej lub przestrzennej (Wach, Unarski, 2007a).

Odtworzone drogą symulacyjną prędkości ruchu pojazdów w chwili kolizji z zastosowaniem metody Monte Carlo przedstawiono na rysunku 2 jako dwuwymiarowy rozkład gęstości prawdopodobieństwa $d(v_c, v_n)$ (Wach, Unarski, 2006, 2007).

Warto w tym miejscu zauważyć, że pomimo stosowania wyrafinowanych metod numerycznych, wyliczona na wystarczająco wysokim poziomie ufności prędkość jednego samochodu wynosiła $v_c = 60\text{--}66$ km/h, a drugiego $v_n = 0\text{--}3$ km/h. Nie ma zatem możliwości wykazania drogą matematyczną, że jeden z pojazdów nie poruszał się. Wynika to z faktu, że wszystkie przyjmowane dane miały pewien zakres niepewności, a sprostanie odpowiedzi na pytanie, czy pojazd ten poruszał się, czy nie, wymagałoby przyjęcia zerowego błędu danych.

Ponieważ w rzeczywistych wypadkach najczęściej zachodzi konieczność jednoczesnego ustalenia punktu zderzenia i prędkości zderzających się pojazdów, stąd

zagadnienie to znacząco się komplikuje, a zakres niepewności wyniku powiększa się.

Gdyby przyjąć, że prędkości były znane ($v_n = 0$ km/h, $v_c = 68$ km/h), to rozkład gęstości prawdopodobieństwa położenia miejsca zderzenia przedstawiałby się tak, jak zaznaczono to na rysunku 3.

Jeśli jednak byłoby tak, co ma miejsce coraz częściej, że nie ma śladów kół pojazdu prowadzących do miejsca zderzenia ani innego śladu wyznaczającego punkt kolizji, to z uwagi na fakt, że równania opisujące to zdarzenia mają uwikłane w sobie zarówno dane związane z prędkością, jak i z położeniem pojazdu, to niepewność ustalenia miejsca zderzenia znacząco wzrasta, co pokazano graficznie na rysunku 4.

Jeśli pytanie organu procesowego dotyczy ustalenia przekroczenia osi jezdni przez jeden z pojazdów, to widać, że uzyskanie odpowiedzi drogą obliczenia może okazać się niemożliwe, gdyż odpowiedzi, nawet tych o wysokim stopniu prawdopodobieństwa, będzie zbyt dużo. Jest to dowód na trafne odczucie osób nawet niewtajemniczonych, że udowodnienie przekroczenia osi jezdni o 0,2 m przez jeden z samochodów jest niewiarygodne, jeśli nie było wsparte na śladach pochodzących z tego zdarzenia, a powypadkowe oddalenie pojazdów od siebie wynosiło np. 20 metrów.

8. Niepewność w przypadku analizy czasowo-przestrzennej

Podobne rozważania związane z analizą niepewności przeprowadza się dla zdarzeń związanych z potrąceniem pieszych (Unarski, 2009; Wach, Unarski 2007a). Po pierwsze, odeszło się od stosowania pojęcia średniego czasu reakcji kierowcy wynoszącego np. 1 s. Takie pojęcie oznaczało, że spełnia go tylko połowa kierowców. Przyjmuje się obecnie czas reakcji kierowcy taki, jaki spełnia odpowiednio wysoki percentyl badanych, tj. 85–90%. Również w zależności od sytuacji drogowej przyjmuje się dwa stany emocjonalne kierowcy związane z ruchem drogowym: zwykłą ostrożność, która obowiązuje w czasie całego ruchu pojazdu, kiedy kierowca ma do czynienia z przeszkodami tzw. nieoczekiwanymi oraz stan zwany szczególną ostrożnością w miejscach wymienionych enumeratywnie w ustawie Prawo o ruchu drogowym, a także gdy sytuacja drogowa tego wymaga. Wtedy przeszkody mogące pojawić się na jezdni nazywa się przeszkodami oczekiwanymi.

Oprócz tych elementów analizy, dzięki łatwości operowania rysunkiem komputerowym lub wyliczeniami, przeprowadza się obliczenia nie tylko dla skrajnych wartości przedziałów, ale dla wielkiej liczby leżących wewnątrz nich punktów. Ma to istotne znaczenie dla wyprowadzania wniosków, w szczególności w sytuacji, gdy skrajne wartości dają przeciwstawne rezultaty dla

ustalenia odpowiedzialności (tak/nie). Badając skrajne wartości, nie wiemy, czy złożenie różnych wartości parametrów ruchu dawało podobne procentowe wartości możliwości uniknięcia zdarzenia (nie 50%, tak 50%), czy też rozkład był zgoła inny (nie 93%, tak 7%; zob. rysunek 5).

Osiągnięciem ostatnich lat, które było możliwe do praktycznego zastosowania, okazało się określanie potencjalnej prędkości potrącenia pieszego, nawet gdy fizyczne uniknięcie potrącenia było niemożliwe (Unarski, 2009; Unarski, Dębska, 2009). W takim jednak przypadku do kanonu działań eksperta należy podanie faktycznej prędkości potrącenia i określenie wielkości potencjalnych możliwości złagodzenia skutków zdarzenia. Takim ustaleniom sprzyjało orzecznictwo i praktyka Sądu Najwyższego, który ponadto w niektórych przypadkach decydował się również na uzupełnienie orzekania na podstawie fundamentalnej doktryny przyczynowo-skutkowej o związki związane z doktryną tzw. przypisania skutku.

9. Obiektywne pomiary odległości zauważania przeszkód

Niezwykle ciekawą nowością, która okazała się możliwa dzięki miniaturyzacji i elektronizacji wyposażenia pomiarowego, stało się określanie potencjalnej odległości zauważania przeszkód przez kierowcę w danej sytuacji drogowej – zarówno w ciemnościach rozświetlanych reflektorami pojazdu, jak i na oświetlonych ulicach w mieście. Dotychczasowa praktyka w tym względzie opierała się na ustalaniu odległości zauważania określonego obiektu z wykorzystaniem wyników innych badań. Badania te prowadzono w różnych warunkach drogowych, pogodowych i oświetleniowych, a obiekty miały zazwyczaj standardowe barwy, często odmienne od tych, których odległość zauważania należało określić. Nie udawało się również w warunkach połowych zastosować odpowiedniego sprzętu pomiarowego, gdyż nie był on przystosowany do takich potrzeb (pomiaru luminancji małych obiektów z odległości od 100 do 20 metrów). Dopiero wykorzystanie niezwykle czułych matryc fotograficznych oraz zbudowanie odpowiedniego oprogramowania pomiarowego dało możliwość dokonania pomiarów luminancji obiektu i tła. Dokonała tego m.in. firma niemiecka TechnoTeam w programie LMK (Unarski, Wach, Ciępka, 2013a, 2013b). Dzięki temu urządzeniu możliwe jest dokonanie w naturze pomiarów i zdjęć obiektu w interesującym nas oświetleniu i położeniu, a następnie wyznaczenie wartości luminancji (rysunek 6) w niezbędnych punktach przestrzeni.

Zmierzenie wartości i wyliczenie różnicy luminancji nie jest teraz trudnym zabiegiem. O wiele trudniejsze jest ustalenie wartości tzw. progowej różnicy luminancji, tj.

wartości, którą bieżąca różnica luminancji musi przekroczyć, aby obiekt stał się widoczny. Istnieje bowiem wiele teorii zauważania (Adrian, Blackwell, Carraro), ale trudno jest wybrać taką, która obowiązywałaby przy dynamicznie zmieniającym się oświetleniu oraz w sytuacji, gdy kierujący zaabsorbowany jest wszystkimi czynnościami związanymi z prowadzeniem pojazdu, a nie tylko obserwowaniem jednego punktu przed pojazdem. Pamiętać przy tym należy, że aby zauważenie obiektu mogło potencjalnie przynieść skutek pozytywny w postaci omińnięcia przeszkody lub zahamowania przed nią, to musi do niego dojść w początkowej fazie czasu reakcji zwanej detekcją, która wynosi ok. 0,2 sekundy. Stąd dopasowanie odpowiednich teorii do praktyki wymagało wielu lat prób i badań, a także przyjmowania współczynników korekcyjnych. Obecnie jednakże możliwe stało się określenie potencjalnej odległości zauważania poprzez badanie konkretnego zdarzenia i wyliczenie drogą komputerową lub graficzną (rysunek 7) odpowiedniej wielkości.

Dużo większym wyzwaniem jest jednak ustalenie obliczeniowe odległości zauważania w sytuacji, gdy kierowca pojazdu znajduje się pod wpływem oślnienia, tzn. w chwili, gdy zbliża się do obiektu, a z przeciwka nadjeżdżają samochody lub świecą ostrym światłem obiekty (latarnie, reklamy), które pogarszają dostrzeganie, tworząc dodatkową tzw. luminancję zamglenia. Typowym przykładem takiej sytuacji jest przejazd przez oświetlone przejście dla pieszych usytuowane na nieoświetlonej drodze. W takim przypadku trzeba bowiem uwzględnić indywidualnie każde ze źródeł oślnienia, a procedura liczenia jest dużo bardziej skomplikowana. Sytuację taką przedstawiono na rysunku 8.

Oślnienie w takich i innych sytuacjach zazwyczaj znacząco zmniejsza możliwość dostrzeżenia przeszkody z uwagi na fakt, że oko ludzkie, broniąc się przed nadmiarem światła, musi zaadaptować się do światła tworzących oślnienie, pomijając w zauważaniu obiekty nieoświetlone lub zauważając je znacząco później. W Instytucie Ekspertyz Sądowych przygotowano właśnie taką procedurę obliczania odległości zauważania, którą aktualnie upowszechnia się w opiniowaniu (Unarski, 2003; Unarski, Wach, Ciępka, 2013b).

10. Opinie kompleksowe

Opinie kompleksowe, przy wykonywaniu których wykorzystuje się możliwości interdyscyplinarne, stosowane są najczęściej w przypadku potrzeby ustalenia osoby kierowcy. Wiodące ustalenia techniczno-rekonstrukcyjne wspierane są przez analizy medyczne obrażeń i analizy kryminalistyczne (odzież, szkło, ślady krwi, DNA). Przedstawiciele każdej z wymienionych dziedzin dostarczają swoich ustaleń, a wnioski cząstkowe mają określony stopień prawdopodobieństwa. Stopień praw-

dopodobieństwa wniosków cząstkowych jest różny. Czasem bywa bardzo wysoki i jednoznaczne rozstrzygnięcia są niepodważalne (np. przynależność kropli krwi na podstawie badań DNA), czasem zaś stopień ów jest niewielki. Ale wniosek cząstkowy opisujący stopień prawdopodobieństwa pochodzenia jakiegoś śladu, nawet wysoki, może okazać się niewiele znaczącym szczegółem w sytuacji nieznannej możliwości jego powstania w konkretnej sytuacji ruchowej danego wypadku. Na przykład stu-procentowa pewność w określeniu przynależności śladu krwi znalezionej na fotelu kierowcy w praktyce może nie mieć żadnego znaczenia przy ustalaniu osoby kierowcy, jeśli przez ten fotel i drzwi wyciągano wszystkich rannych z wnętrza pojazdu.

Czy zatem możliwe jest sformułowanie konkretnych wniosków co do osoby kierującej pojazdem w sytuacji, gdy połączyć należy wiele faktów o różnych stopniach prawdopodobieństwa? Trzeba w tym miejscu ponadto stwierdzić, że wysoki stopień prawdopodobieństwa np. wyników badań DNA wynika stąd, że odwołują się one do bardzo dużych liczbowo populacji osób, stąd możliwość nietrafnego rozstrzygnięcia jest niezwykle niska. Ale prawdopodobieństwo użycia pasów bezpieczeństwa przez danego pasażera oceniane na podstawie niewielkich zmian fizykalnych na tym pasie, przy znacznym stopniu jego wyeksploatowania, a nadto przy istniejącej niewielkiej bazie przebadanych innych pasów w podobnym stanie, nie istnieje możliwość ustalenia wysokiego stopnia prawdopodobieństwa jego używania.

Aby możliwe stało się określenie wynikowego prawdopodobieństwa wniosków ostatecznych, rozwinięto w Instytucie Ekspertyz Sądowych możliwość stosowania metody prawdopodobieństwa warunkowego Bayesa (Wach, 2011). Ścisłej zaś mówiąc, chodzi tu o iloraz prawdopodobieństwa takiego zdarzenia, że A. K. był kierowcą pojazdu oraz takiego, że A. K. nie mógł być kierowcą. W tym celu konieczne jest zbudowanie odpowiednich grafów (rycina 9), w skład których wchodzi właśnie wnioski cząstkowe z różnych dziedzin wiedzy wraz z przypisanymi im właściwymi stopniami prawdopodobieństw. Następnie na podstawie własnych ustaleń określa się dowody twarde (tzn. takie, które można by uznać za niezmienniki), a następnie drogą uciążliwych obliczeń uzyskuje się wynik w postaci oczekiwanego ilorazu prawdopodobieństwa.

Prawdziwy problem interpretacyjny pojawia się jednak w przypadku konieczności końcowego zinterpretowania tego finalnego ilorazu, gdyż z uwagi na to, że poszczególne badania nie opierają się na „dużych liczbach”, pewność wniosku końcowego co do osoby kierowcy może nie być znaczna. Na przykład wyliczenie skomplikowanej struktury sieciowej dla danego wypadku w oparciu o 8 śladów i przesłanek wskazuje, że jest 2,3 razy bardziej prawdopodobne, że kierowcą w chwili wypadku był A. K., a nie F. E., jak wstępnie zakładano

w sprawie. Iloraz prawdopodobieństwa zapisany jako 2,3 oznacza to samo, co 70% prawdopodobieństwa, że A. K. był kierowcą, a 30% prawdopodobieństwa, że nim nie był. Sugestia, że F. E. nie był kierowcą, w 30% wynika z tego, że w pojeździe jechały tylko dwie osoby. Gdyby w pojeździe było więcej osób, to wartość tego ilorazu mogłaby (ale nie musiała) jeszcze bardziej się obniżyć. Oczekiwanie w tej sytuacji stron postępowania, że osobę kierowcy wskaże się jednoznacznie czy też z prawdopodobieństwem 99,99%, jest czystą iluzją. Pozostaje zatem pytanie, jak nazwać słowami iloraz prawdopodobieństwa zapisany liczbą 2,3 uzyskany tą metodą, bo sama liczba organowi procesowemu nic nie powie. A zatem, czy jest to wysoka pewność tego, że A. K. był kierowcą, czy też istnieje tylko nieco większa liczba szans na to, że A. K. można przypisać sprawstwo zdarzenia? Nie ma na to pytanie odpowiedzi dającej się w niezbity sposób udowodnić.

11. Podsumowanie

Z przedstawionego wyżej przeglądu nowości w technologii opiniowania wypadków drogowych widać, że ostatnie lata obfitowały w wiele istotnych zmian, a techniki komputerowe wprowadzono w wielu dziedzinach badań. Oczywiście stało się to możliwe nie tylko dzięki zakupionym komputerom i urządzeniom, ale również dzięki wieloletnim pracom teoretycznym i badawczym. Warto wskazać, że trafne teorie dotyczące możliwości obliczania odległości zauważania i wiele prac z tego zakresu powstało na świecie dopiero w latach 1990–2005. Można spodziewać się, że w przyszłości będą kontynuowane dalsze prace mające na celu ograniczenie negatywnych następstw braku śladów na miejscu zdarzenia w szczególności poprzez stosowanie urządzeń nadzorujących i rejestrujących pracę pojazdu i zachowania uczestników ruchu drogowego. Powolne prace legislacyjne w tym względzie w Europie zastępowane są spontanicznie przez społeczeństwo wykorzystujące miniaturyzację aparatury rejestrującej.

Technologia opiniowania to dopiero jedna strona zagadnienia. Drugą stanowi prawo i orzecznictwo w zakresie zdarzeń w transporcie drogowym. W ostatnich latach ustawa Prawo o ruchu drogowym była wielokrotnie modyfikowana i uzupełniana, a reguły, w tym podstawowe (np. dotyczące ruchu rowerowego), były wielokrotnie zmieniane. Trudno zatem się dziwić, że uczestnicy ruchu drogowego nawet nie śledzą na bieżąco tych zmian, nie mówiąc o powszechnym ich stosowaniu. W prasie i mediach krążą różne, często przeciwstawne interpretacje obowiązujących zachowań uczestników w różnych konkretnych okolicznościach. Również orzecznictwo Sądu Najwyższego w tej kwestii nie jest jednolite. Część z tych problemów omówiona została w postaci artyku-

łów w specjalistycznym czasopiśmie *Paragraf na Drodze*. Uczestnicy ruchu drogowego nie sięgają jednak do fachowych rozważań, a wiele niekorzystnych nawyków i zachowań ugruntowało się wśród kierowców. Oczywiście najgłębiej zakorzenione są zachowania negatywne.

Jak się należy spodziewać, w najbliższych latach jednymi z podstawowych problemów staną się, obok braku śladów, problemy związane z rozbieżnościami w opiniowaniu dotyczące wpływu nadmiernej prędkości, w szczególności motocykli, na możliwość percepcji prędkości przez człowieka (Unarski, 2010) oraz zasady współodpowiedzialności kierowców oraz pieszych i rowerzystów przy przekraczaniu jezdni na przejściach. Istnieje również pilna konieczność rozwiązania od strony prawnej problemu drastycznego przekraczania prędkości dopuszczalnej. Jak wynika z dyskusji po opublikowaniu pracy Unarskiego i Dębskiej (2009), środowisko prawnicze odczuwa jeszcze wyraźny opór przed możliwością bardziej elastycznego oceniania odpowiedzialności w przypadkach znaczących przekroczeń prędkości niosących ze sobą duży ładunek niebezpieczeństwa spowodowania nie tylko katastrof, ale i wypadków o dużych rozmiarach.