



Maksymilian SMOLNIK ORCID 0000-0003-0753-5190, smolnik@agh.edu.pl  
AGH University of Krakow (AGH w Krakowie), Poland

## AN ATTEMPT TO CHARACTERIZE THE AVAILABILITY OF THE ELEMENTS OF A CHAIN OF ACTION

### Próba opisu zdadności ogniów łańcucha działania

**Abstract:** *The paper presents a survey and analysis of the selected basic theses of some operational sciences and praxiology. This project is related to the ongoing research and development works on the description of the reliability of action. These works refer to the concept of such a description presented by Józef Konieczny within the framework of systems of action engineering (and formal praxiology). The original concept is universal and can be useful in reliability engineering, but its analysis, development and application require prior research on its foundations. For this reason, the aim of this work is to formulate observations and conclusions regarding the description of the state of availability of the individual elements of a chain of action – which is one of the many stages of the mentioned research and development works.*

**Keywords:** action, reliability theory, formal praxiology

**Streszczenie:** *W artykule dokonano przeglądu i analizy wybranych, podstawowych tez niektórych nauk eksploatacyjnych oraz prakseologii. Przedsięwzięcie to związane jest z prowadzonymi pracami badawczo-rozwojowymi dotyczącymi opisu niezawodności działania. Prace te odnoszą się do koncepcji takiego opisu zaprezentowanej przez Józefa Koniecznego w ramach inżynierii systemów działania (i prakseologii formalnej). Oryginalna koncepcja ma charakter uniwersalny i może być użyteczna w inżynierii niezawodności, jednak jej analiza, rozwinięcie i stosowanie wymagają wcześniejszych badań dotyczących jej podstaw. Z tego względu celem niniejszej pracy jest sformułowanie obserwacji oraz wniosków w zakresie opisu występowania stanu zdadności poszczególnych elementów łańcucha działania – co stanowi jeden z wielu etapów wspomnianych prac badawczo-rozwojowych.*

**Słowa kluczowe:** działanie, teoria niezawodności, prakseologia formalna

Received: November 7, 2023/ Revised: November 11, 2023/ Accepted: December 7, 2023/ Published: December 28, 2023



## **1. Introduction**

The paper presents further considerations regarding the description of the reliability of actions represented through selected models of formal praxiology (i.e. the action chains defined in the theory of action developed by Józef Konieczny) – cf. [1, 2]. These considerations refer to, among others, some research problems formulated in the study [1].

The work includes the survey and analysis of selected, typical solutions deriving from various sciences, which may be useful when developing the original concept of the reliability of action characteristics [3, 4] and its practical applications. The work refers to operational sciences – in terms of issues relating to the description of the availability of technical objects, and to the general science of efficacious acting (praxiology) – in terms of assessing the consequences of an action. An attempt to describe the availability of the elements of a chain of action requires considering both the basic assumptions of the reliability of action concept formulated by J. Konieczny and the typical approaches to describing the availability of technical objects, already known in the operational sciences. J. Konieczny, when formulating his concept of the reliability of action assessment, applied the mathematical models traditionally used to describe the reliability of technical objects. However, the characteristics of the reliability of action is more complex than the characteristics of the reliability of a technical object (see [1]), hence the need to review and analyze the known models in terms of their applicability in new circumstances. Similarly, it seems justified to analyze the concepts of actions assessment developed by praxiology.

The aim of the work is to formulate observations and conclusions regarding the description of the state of availability of individual elements of the chain of action.

An in-depth theoretical analysis of the foundations of the concept of the reliability of actions assessment proposed by J. Konieczny is the condition for the correct conscious application of this solution in practice. As noted in the source work (see [3, 4]), this concept is preliminary and requires further development, hence the questions asked and methodological analyzes undertaken are completely justified. The extensive, multi-aspect approach to the description of reliability, characteristic of the solution considered, additionally constitutes its special scientific and utilitarian value, encouraging further studies.

## **2. Characteristics of some assumptions regarding the description of the reliability of action**

Due to the limited volume of this paper and striving to avoid excessive repetitions, only selected elements of the considered concept of describing the reliability of actions developed by J. Konieczny are mentioned here. The original, extensive presentation of this

solution can be found in the works [3, 4], and some of its parts have recently been discussed and analyzed in the works [1, 2].

The considerations presented here include the description of reliability based only on the basic model of action<sup>1</sup> in J. Konieczny's theory – called the chain of action<sup>2</sup>. The chain of action  $L$  is an ordered triple [3]:

$$L = \langle x, y, z \rangle \quad (1)$$

and its individual elements are:  $x$  – the subject of action,  $y$  – the intermediary of action,  $z$  – the object of action. Such a model (in connection with the aim of the action, not formally included here) determines one considered action [3].

Description and assessment of reliability are possible both in relation to each of the given links (elements) and the entire chain of action (as well as to the activities remaining in a specific relation to each other – and especially the direct support relation) [3, 4].

In the context of this study, other more important assumptions related to the description of the reliability of actions using the models postulated by J. Konieczny are [1, 3, 4]:

- a) knowledge about the reliability of the elements of the system of action
- b) independence of the processes of failure and renewal of the chain elements
- c) two-state description (in the reliability context, i.e. the occurrence of availability or unavailability) of individual links in the chain as well as of the whole considered,
- d) existence of multiple states of a link in the chain of action determined by the number of (praxiological) functions performed by the link<sup>3</sup> in the considered acting situation,
- e) dependence of the (reliability) state of the chain of action on the (reliability) state of its individual elements
- f) application of the probability of availability at a specific time (moment) as the basic reliability index (auxiliary reliability indexes may include: failure rate, mean time between failures and the probability of unavailability).

The chain of action is available if and only if all its links are available [3, 4], and its reliability is described by the formula [3, 4]:

---

<sup>1</sup> For the sake of clarity and order of the considerations and as a reminder, it should be noted that an action is defined here as intentional, conscious and choice-based human behavior – like in the works [5, 6]. A similar definition of the action is adopted by the author of the work [3].

<sup>2</sup> More complicated models of an action (or actions), i.e. subsystems and systems of action, and further praxiological networks, are always built based on the chains of action – see [3, 7], therefore the chain of action is the fundamental model for the theory under consideration.

<sup>3</sup> Please associate this with the case of the same object appearing in many (related to each other because of this object) different chains of action. Then in one chain the object may appear as the subject of action, in another as the object of action, etc. – cf. [2].

$$N(L) = N(x) \cdot N(y) \cdot N(z) \quad (2)$$

where:  $N(L)$ ,  $N(x)$ ,  $N(y)$ ,  $N(z)$  – reliability of (respectively): the chain of action, the subject of action, the intermediary of action, the object of action.

The value of the  $N()$  function determined for the links in the action chain is equal to the value of the probability of a given link being available<sup>4</sup>. At the level of the links description, the concept of availability refers to the function of a specific object in the considered chain of action [3, 4].

Referring in particular to the above relationship and assumptions c, e and f, it should be noted that the author uses mathematical reliability models typical for describing the failure rate of technical objects – and the same models are applied to each link in the chain of action, therefore also to non-technical objects. Based on various works [3, 7], it is clear and certain that the link in the chain of action may (and in the case of the subject must) be a human being (or a team of people or a mixed<sup>5</sup> team). Moreover, a link in the chain of action may include, among others: an animal or artifact [7].

Given the concept presented above, certain questions arise. Some of them are listed below.

1. What does the availability of a given link in the chain of action mean practically (operationally) and how can it be assessed?
2. Which reliability characteristics can be used to describe the reliability of links in the action chain?
3. How to classify the unavailability of one link caused by the unavailability of another link in the same chain?
4. What is the relationship between the availability of the chain of action and the result of the described action and the aim of the action?

The following chapters of this study review selected considerations that may be helpful in answering the questions asked, and proposals for (at least partial) answers are formulated and summarized.

### 3. Survey of selected postulates for describing reliability

In view of the questions formulated, it seems justified to refer to certain considerations regarding the foundations of reliability theory and describing the results of actions.

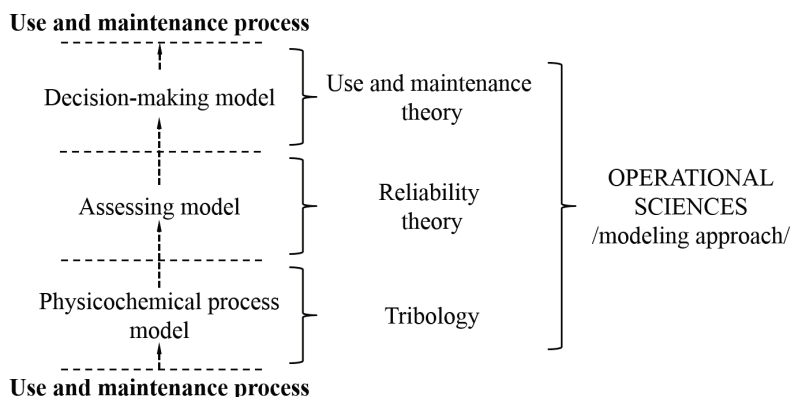
---

<sup>4</sup> It is described formally by the function  $s()$  and binary valuation – see [3, 4].

<sup>5</sup> Mixed – i.e. including (in the case of the subject of action) a human being (or people) and at least one non-human object – cf. [3].

### 3.1. Three research levels of the use and maintenance process

The monograph by J. Konieczny on the operation of technical means [8] presents some methodological assumptions of the operational sciences – including the research modeling layers of the use and maintenance process. This model (after modification) is presented in Figure 1, below.



**Fig. 1.** Research modeling layers of the use and maintenance process (based on [8])

It shows that one and the same operational reality and one and the same use and maintenance process can be considered in different, related aspects. This fact is reflected in the existence of various operational sciences (tribology, reliability theory, use and maintenance theory), having different detailed research subjects (within the same operational reality), different research methods and using models of different types – see. [8].

It is therefore visible that individual operational sciences refer to the same operational object, paying attention to: its selected features and physicochemical processes related to this object (tribology), events that concern its functioning, i.e. renewal and failures (reliability theory), decisions and actions that refer to this object and are taken by its user or serviceman (use and maintenance theory). As already noted, the mentioned aspects of use and maintenance remain interconnected – for example: the changes in some features of the object determine its failure, the occurrence of the failure is the basis for making a decision regarding further use and maintenance of the object, the decision to renew it directly affects the (intentional) change of certain features of the object etc.

The presented research approaches are typical for traditional reliability engineering. The possibility of their application within the description of the reliability of objects functioning as links in the chain of action should be considered.

### 3.2. Various approaches to and definitions of reliability

In the paper [9] some basic concepts present in the reliability theory are considered – and the aim is “[...] to contribute to some extent to the development of a unified general theory of reliability, which meets the criteria of methodological correctness better than the existing reliability theories.”<sup>6</sup> [9]. It is worth paying attention to the definitional approaches to reliability presented there. The reliability of an object can be defined [9]:

1. in the descriptive sense as the ability of this object to meet the requirements,
2. in the normative sense, in particular as the probability of an object meeting the requirements placed on it.

In the commentary on the first approach, it is noted that the term “meeting requirements” could be replaced by the term “fulfilling tasks” or “performing functions”, but the scope of these two (last) terms is too large, because a situation may arise when certain functions are performed or some tasks are fulfilled that are not required, so in such cases it is not reasonable to consider reliability [9]. Reliability therefore always remains closely related to the specific requirements. Moreover, some authors (see [9]) narrow this definition by adding a stipulation regarding meeting the requirements within a specific time [9].

The commentary on the second approach states, among other things, that due to the nature of the normative definition (i.e. providing an assessment of an object), there are as many normative definitions of reliability as there are ways of assessing it [9]. It is also worth mentioning that: “Depending on how the requirements are formulated, this probability may vary.” [9]. For example, it may be the probability of “an object being able to perform a specified function in a specified period of time, and/or the probability of an object being able to perform a specified function at a specified time.” [9]. Moreover, in the conclusions at the end of the cited work, it is generally stated that: “The reliability of an object, in the normative sense, is its property determined by the values of the quantities significant in a specific case, characterizing the ability of the object to meet the requirements.”<sup>7</sup> [9].

Extensive considerations regarding durability and reliability lead, among others, to the another (normative) definition, important in the context of this work: “Reliability of an object is the probability of the values of the specific object’s parameters not exceeding specified limits under specific conditions of the object’s existence during the period  $(0, t)$ .”<sup>8</sup> [9].

The examples cited illustrate the possibilities of various assessments of reliability, while clearly showing its essence (the reference to meeting the requirements). The last of the above-mentioned definitions clearly indicates that the requirements may concern certain

---

<sup>6</sup> Translated from Polish by the author of the present paper.

<sup>7</sup> Translated from Polish by the author of the present paper.

<sup>8</sup> Translated from Polish by the author of the present paper.

features of the object in question (including their specific occurrence with a certain probability) – this issue was raised both in the previous and the next chapter.

### **3.3. The availability of an object as a function of its certain features**

Technical diagnostics (along with tribology) describes some features and parameters related to the functioning of a technical object. The work [10] lists the diagnostic features of (and their vectors):

- internal structure (physical),
- work processes (related to the implementation of the utility functions),
- accompanying processes (as a secondary effect of the work processes).

The features of the last two types are collectively referred to as “output features” [10].

With this classification, the technical condition<sup>9</sup> of an object is defined as a property of this object determined by the vector of its internal structure features [10]:

$$\mathbf{X}(t, a) = [x_1[f_{1,a}(t)], x_2[f_{2,a}(t)], \dots, x_n[f_{n,a}(t)]] \quad (3)$$

where:  $\mathbf{X}(t, a)$  – vector of the technical condition of the object after the operating time  $t$  in operating conditions  $a$ ;

and then the vector of diagnostic features [10]:

$$\mathbf{Y}(t, a) = [y_1[\varphi_{1,a}(t)], y_2[\varphi_{2,a}(t)], \dots, y_p[\varphi_{p,a}(t)]] \quad (4)$$

where:  $\mathbf{Y}(t, a)$  – vector of diagnostic features of the object after operation time  $t$  in operating conditions  $a$ ,  $y_1 \dots y_p$  – diagnostic features of the object (here forming the components of the vector derived from the features of: the internal structure, the working processes and the accompanying processes; details are given in the work [10]).

The above provides the basis for determining the availability state of an object and considering its reliability in the context of its diagnostic features [10]. The object's availability state ( $S_z$ ) occurs only in the situation written on the right side of the following equivalence [10]:

$$S_z \equiv \mathbf{Y}^1 = \{y_i: \Lambda_i[(y_i)_{\min} \leq y_i \leq (y_i)_{\max}]\} \quad (5)$$

---

<sup>9</sup> See the concept and the related term “state of a system” – also in relation to the anthropotechnical system [11].

where:  $y_i$  – coordinates of the diagnostic features vector,  $(y_i)_{\min}$ ,  $(y_i)_{\max}$  – minimum and maximum limit values of the  $y_i$  diagnostic feature,  $Y^1$  – vector of diagnostic features in the availability space.

It is therefore visible that technical diagnostics indicates a direct relationship between the occurrence of certain features and parameters regarding the functioning of a technical object with its availability (and further, reliability).

### 3.4. Praxiometric assessment of action

In the commentary of the editors of the journal “Prakseologia” on the previously analyzed paper [9], the connections between reliability and praxiological issues were clearly indicated. Praxiology as the science dealing with the efficacy of actions draws attention, among others, to their effects (see also [12]). In this respect, in the context of the considerations presented here, the quantitative assessment of actions proposed within the approach known as praxiometric [13] is particularly important. Previous analysis has already shown that the description of reliability is directly related to making an assessment. In the attempt to describe the reliability of actions it is therefore justified to include the proposal for the assessment of actions developed by the science of efficacious acting itself.

When describing an action, it is proposed to introduce mathematical indexes linking some values characterizing this action in quantitative manner [13]. These values are:  $C$  – aim,  $W$  – result,  $R$  – basic result,  $N$  – outlay, and their measures are assumed to be the same [13]. The indexes determined using them are presented below<sup>10</sup> according to the work [13]<sup>11</sup>.

1. Result degree  $\sigma_W$ :

$$\sigma_W = \frac{W}{C} \quad (6)$$

2. Basic result degree  $\sigma_R$ :

$$\sigma_R = \frac{R}{C} \quad (7)$$

3. Result differential  $\delta_W$ :

$$\delta_W = W - C \quad (8)$$

---

<sup>10</sup> Terms translated from Polish by the author of the present paper or according to [6].

<sup>11</sup> It is worth taking into account the notes of the author of the work [13], also quoted after J. Zieleniewski, regarding the conceptual relationships between: the degree of effectiveness, effectiveness and the aim of the action, relating to the description of effectiveness before and after performing the action.



4. Basic result differential  $\delta_R$ :

$$\delta_R = R - C \quad (9)$$

5. Result profitability  $\chi$ :

$$\chi = W - N \quad (10)$$

6. Result economy  $\eta$ :

$$\eta = \frac{W}{N} \quad (11)$$

It should be noted that the presented assessment concerns the complete action and does not refer directly to the objects occurring in this action, and on these objects (and not only on them) the obtained effect depends.

Considering the previously presented assessment methods typical for reliability theory, it seems rational to use a statistical approach in relation to the occurrence of the presented praxiometric values characterizing action.

## **4. Examples, observations and conclusions**

This chapter summarizes the observations and conclusions that arise in the context of considerations on J. Konieczny's concept after the review and analysis of the research approaches presented in the chapter 3.

### **4.1. Variants of the description of availability**

As a part of the survey and analyzes performed, it was shown that the reliability description of an object refers to several areas of: the (physical / internal structure) features of the object (approach I; e.g. brake lining thickness, knife blade angle – see the chapters 3.2 and 3.3), the output features of the object / the performance of a certain function by the object (approach II; e.g. developing the braking torque /resistance/ with a specific course of its value during braking, developing the resistance force of a specific value during cutting – see the chapters 3.2 and 3.3), achieving (in the result of performing this function) certain results using the object (approach III; e.g. a vehicle stopped in front of an obstacle, a plate cut with a knife – see the chapter 3.4)<sup>12</sup>. Accordingly, the requirements imposed on the

---

<sup>12</sup> Cf. the concepts and related Polish terms “chwilowe właściwości eksploatacyjne” (“instantaneous operating properties”) and “przedziałowe właściwości eksploatacyjne” (“interval operating properties”) [11].

object (see the chapter 3.2) may concern each of these areas, i.e. the value of the object's feature (approach I; e.g. the brake lining thickness cannot be less than  $g$ , the knife blade angle cannot be greater than  $\alpha$ ), the output feature of the object / performing a certain function (approach II; e.g. braking torque not less than  $M_h$ , the resistance force during cutting not greater than  $F_o$ ), as well as the results obtained (approach III; e.g. braking distance not longer than  $s_h$ , edge rectilinearity deviation after cutting not greater than  $\Delta_l$ ). The three indicated areas are interconnected, and the phenomena observed in the following area are determined by the situation in the preceding areas. This corresponds both to the presented multi-level approach to the operational reality (in the chapter 3.1) and the classification of diagnostic features of objects (in the chapter 3.3).

An appropriate, widely-known practical example (**Example 1**) of the application of the approach shown are the technologies for testing machining equipment. The technical or reliability condition of a machine tool can be determined by (cf. the standards [14, 15]):

- determining the value of the certain features of its internal structure (approach I; e.g. the value of the electrical resistance of the engine rotor, the value of some geometric dimensions of the gear wheels),
- determining the values of the certain output features / parameters related to its functioning (approach II; e.g. the values of the spindle speeds obtained in various load conditions),
- determining the values of the certain features of the machined item (approach III; e.g. the values determining the roughness of its surface).

Depending on the adopted test method, various requirements for this machine tool can be formulated. In particular, the last of the presented approaches (No. III) is a typical assessment of the results of a specific, complete action (more precisely, in the presented Example 1: assessment of the features of the workpiece machined by a specific turner, using a specific lathe, for a strictly defined purpose – regarding the desired features of the workpiece).

Understandably, the formulation of the requirements for the links in the chains of action is the basis for the description of their availability and reliability, which is related to the selection of mathematical indexes of their reliability. So, for example, these may be the requirements for the presence of a certain feature for a specific period of time from a given moment or for a specific period of time in a whole given period of time – cf. [3, 4].

The original concept of describing the reliability of a chain of action takes into account only the requirements for the correct fulfillment of the praxiological functions by the individual links. In view of the presented approaches to reliability assessment, it seems rational to describe the availability of the links using criteria regarding their selected diagnostic features (determining the correctness of fulfilling the mentioned functions).

The original concept of describing the reliability of a chain of action does not take into account (at least explicitly) the assessment of the result of action. An interesting research

issue is to determine the relationship between the reliability of the chain links and the possibility of achieving a specific result.

The search for relationships between the various features of individual objects constituting links in the chain of action and the correctness of the performance of their praxiological functions may be the subject of detailed research (e.g. in the field of psychology, occupational safety, technical reliability, etc.).

## **4.2. Conditions of the occurrence of the certain features of an object**

When analyzing the approaches to describing the availability of an object participating in an action, specified in the chapter 4.1, the causes of individual situations should also be considered.

Some features of an object remain practically independent of its surroundings at a given moment (e.g. the current thickness of the brake lining of a currently inactive brake assembly depends primarily on its previous values and its operating conditions hitherto).

However, other features of this object or certain parameters regarding the functioning of this object are significantly dependent on its certain features and factors related to its surroundings (e.g. the current rotational speed of the lathe spindle depends not only on the features of the engine or gearbox, but also on the current power source parameters). In the case of a link in the chain of action, it should also be understood as the dependence on the remaining links of this chain (e.g. for the intermediary of action, such as the mentioned lathe, it is the dependence on the subject acting and the object of action: the qualifications and decisions of the turner and the machinability of the material).

Moreover, obtaining the value of the certain features of the object of action is conditioned by the features and parameters of the behavior / functioning of the subject and the intermediary of action, influences from outside a given chain of action and the initial characteristics of the object.

The above statements can be related to the general considerations in the field of cybernetics [16], and conditions of this type in the context of the reliability of human are mentioned, for example, in the works [17, 18], and in the context of hazard theory – in the monograph [19].

Two further practical examples refer to the occurrence of the indicated dependencies: breakage of a turning tool due to an erroneous movement of the machine tool operator (**Example 2a**); breakage of the turning tool due to an inclusion in the workpiece (**Example 2b**).

Both mentioned events are related to a failure of the turning tool in question and to a change in some of its physical features, the inability to perform the desired functions and the failure to achieve the set aim of the action (turning). In both cases, however, the cause of the tool failure is completely different and related to the objects other than the damaged

tool. By describing these events using the chain of action representing turning<sup>13</sup>, it can be immediately stated that the cause of the failure of the intermediary of action (the turning tool)  $y$  in the Example 2a was the improper performance of its function by the subject of action (the turner)  $x$ , and in the Example 2b it was the improper performance of its function by the object of action (the workpiece)  $z$ . Therefore, the cause of the failure of the intermediary of action (the turning tool)  $y$  is not related to this object and, for example, it cannot be the basis for a negative assessment of its certain features (its quality).

Summarizing, another condition that is important to take into account when assessing the availability of a link in a chain of action is the one regarding the mutual impact of the individual links on their availability and reliability.

### 4.3. Final conclusions

An attempt to address the issue of describing the occurrence of the state of availability of the individual elements of the chain of action leads to posing the questions about (at least some) paradigms behind the theory of reliability and the concepts of this theory.

The description of the reliability state of a chain of action presented in the Chapter 2 is a description that concerns only certain features or parameters of the functioning of its individual links, on which however the achievement of the aim of action in practice depends.

When assessing the availability of the objects present in a specific action, the problem of selecting their diagnostic features that determine the correct fulfillment of their praxiological functions must be solved in relation to the individual (types of) actions. This is the equivalent of the selection of the features verified during the assessment, known in technical diagnostics. It is also a precise formulation of the requirements (in the reliability context) for individual objects. Further, various events related to the occurrence of the mentioned features can be considered and the mathematical reliability indexes can be selected for the individual links in the chain of action. However, the causes of the failures should be taken into account, and especially the mutual influence of the links in the chain of action on each other.

The reliability of the chain of action, expressed as the product of the reliability of its individual links, can only be determined in this way if the failures of the links are independent of each other (cf. the assumption b in the Chapter 2). However, the lack of failures dependence is not directly equivalent to the lack of interactions between the links of the same chain. The assessment of the availability and reliability of the individual links in a chain of action should therefore be carried out only in the context of cooperation of a

---

<sup>13</sup> The chain of action: (turner  $x$ ; lathe (together with turning tool)  $y$ ; workpiece  $z$ ); the aim of action: the workpiece of  $K$  shape,  $W$  dimensions and  $R$  surface roughness.

given link with specific other links in the given surroundings of the chain of action. Moreover, as shown in the Examples 2a and 2b, there may be dependencies of the failures (and/or renewal) of the individual links in the chain of action on each other in the real systems of action. The rules for recording and considering such events in the reliability assessment of the individual links in a chain should be defined and taken into account in the conducted analyzes.

Due to the subject of research, describing the reliability of action as proposed by J. Konieczny belongs to praxiometry, the selected indexes of which (presented in the Chapter 3.4) can be developed by introducing statistical recognition of the results of action. Probabilistic recognition of the results of an action before its execution requires taking into account the limitations set by the definitions of the basic concepts of the applied theory of action. However, it seems that based on the analyzed approaches, there are no contraindications to the statistical description of the effects of the actions already carried out.

Once again, the traditional, typical assessment of the reliability of a technical object turns out to be a special case of the reliability of action assessment.

### ***Acknowledgement***

*The research was performed in the framework of a research program done at the AGH University of Science and Technology in Cracow, at the Faculty of Mechanical Engineering and Robotics, the contract number – subsidy 16.16.130.942.*

## **5. References**

1. M. Smolnik, „Analiza elementów oceny niezawodności działań w inżynierii systemów działania Józefa Koniecznego”, in T. Nowakowski, A. Rosiński, M. Siergiejczyk, Eds., „Problemy niezawodności systemów technicznych – teoria i zastosowania”, Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej 2021.
2. M. Smolnik, “An Attempt to Characterise the Reliability of an Action Considering the Type of Its Result”, Journal of KONBiN, vol. 52, iss. 1, 2022.  
DOI 10.2478/jok-2022-0008.
3. J. Konieczny, „Inżynieria systemów działania”, Warszawa: Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 1983.
4. J. Konieczny, „Modele ocenowe systemów”, Warszawa: Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego, 1983.
5. W. Bojarski, „Podstawy analizy i inżynierii systemów”, Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe, 1984.

6. T. Pszczołowski, „Mała encyklopedia prakseologii i teorii organizacji”, Wrocław: Zakład Narodowy im. Ossolińskich – Wydawnictwo, 1978.
7. J. Konieczny, E. Olearczuk, W. Żelazowski, „Elementy nauki o eksploatacji”, Warszawa: Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 1969.
8. J. Konieczny, „Podstawy eksploatacji urządzeń”, Warszawa: Wydawnictwo Ministerstwa Obrony Narodowej, 1975.
9. A. Kiliński, „Definicje opisowo-analityczne i wartościująco-normatywne podstawowych pojęć teorii niezawodności”, *Prakseologia*, no. 38, 1971.
10. A. Sowa, „Ocena stanu technicznego pojazdów szynowych na podstawie cech zdeterminowanych”, Postdoctoral dissertation, Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Kraków, 2013.
11. T.M. Dąbrowski, „Diagnozowanie systemów antropotechnicznych w ujęciu potencjałowo-efektowym”, Postdoctoral dissertation, Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa, 2001.
12. W. Gasparski, „O pojęciu sprawności”, *Prakseologia*, no. 27, 1967.
13. W. Gasparski, „Kryterium i metoda wyboru rozwiązania technicznego w ujęciu prakseometrycznym”, Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe, 1970.
14. PN-ISO 230-1:1998: Przepisy badania obrabiarek: Dokładność geometryczna obrabiarek pracujących bez obciążenia lub w warunkach obróbki wykańczającej.
15. PN-ISO 10791-3:2001: Warunki badania centrów obróbkowych: Część 3: Sprawdzanie dokładności geometrycznej obrabiarek z głowicami wrzecionowymi indeksowanymi lub pozycjonowanymi w sposób ciągły (z pionową osią Z).
16. M. Mazur, „Cybernetyka i charakter”, Warszawa: Państwowy Instytut Wydawniczy, 1976.
17. O. Hryniewicz, „Niezawodnościowy model systemu obiekt techniczny – operator”, in „Niezawodność systemów człowiek – obiekt techniczny 1. Materiały Szkoły Zimowej – 79”. Ośrodek Postępu Technicznego, Katowice 1979.
18. H. Radecki, Z. Smalko, R. Suprunowicz, „Model wpływu procesów termodynamicznych w organizmie człowieka na jego niezawodność” in „Niezawodność systemów człowiek – obiekt techniczny 1. Materiały Szkoły Zimowej – 79”. Ośrodek Postępu Technicznego, Katowice 1979.
19. Z. Smalko, T. Nowakowski, A. Tubis, „Zarys niezawodnościowej teorii zagrożeń”, Wrocław: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2020.

## **PRÓBA OPISU ZDATNOŚCI OGNIW ŁAŃCUCHA DZIAŁANIA**

### **1. Wprowadzenie**

W artykule przedstawiono dalsze rozważania dotyczące opisu niezawodności działań reprezentowanych za pośrednictwem wybranych modeli prakseologii formalnej (łańcuchów działania zdefiniowanych w teorii działania autorstwa Józefa Koniecznego) – por. [1, 2]. Rozważania te odnoszą się m. in. do niektórych problemów badawczych sformułowanych w opracowaniu [1].

Praca obejmuje przegląd i analizę wybranych, typowych rozwiązań z obszaru różnych nauk, które mogą być przydatne podczas rozwijania oryginalnej koncepcji charakterystyki niezawodności działania [3, 4] i jej praktycznych zastosowań. W pracy odwołano się do nauk eksploatacyjnych – w zakresie zagadnień dotyczących opisu zdatności obiektów technicznych, oraz do ogólnej nauki o sprawnym działaniu (prakseologii) – w zakresie oceny wyniku działania. Próba opisu zdatności ogniów łańcucha działania wymaga rozważenia zarówno podstawowych założeń propozycji charakterystyki niezawodności działania sformułowanej przez J. Koniecznego, jak i typowych podejść w zakresie opisu zdatności obiektów technicznych, znanych już w naukach eksploatacyjnych. J. Konieczny, formułując swoją koncepcję oceny niezawodności działania, zastosował bowiem modele matematyczne tradycyjnie wykorzystywane do opisu niezawodności obiektów technicznych. Charakterystyka niezawodności działania jest jednak bardziej złożona niż charakterystyka niezawodności obiektu technicznego (zob. [1]), stąd potrzeba przeglądu i analizy znanych modeli pod kątem możliwości ich zastosowania w nowych okolicznościach. Podobnie, zasadna wydaje się analiza propozycji oceny działań rozwinięta na gruncie prakseologii.

Celem pracy jest sformułowanie obserwacji i wniosków dotyczących opisu występowania stanu zdatności poszczególnych elementów łańcucha działania.

Dogłębna analiza teoretyczna podstaw koncepcji oceny niezawodności działań zaproponowanej przez J. Koniecznego jest warunkiem poprawności świadomego zastosowania tego rozwiązania w praktyce. Jak zaznaczono w źródłowej pracy (zob. [3, 4]), koncepcja ta ma charakter wstępny i wymaga dalszego opracowania, stąd stawiane pytania i podejmowane analizy metodologiczne są w pełni uzasadnione. Rozbudowane, wieloaspektowe podejście do opisu niezawodności, charakterystyczne dla badanego

rozwiązania, stanowi dodatkowo o jego szczególnej wartości naukowej i utylitarnej, zachęcając do podejmowania kolejnych badań.

## 2. Charakterystyka niektórych założeń dotyczących opisu niezawodności działania

Ze względu na ograniczoną objętość niniejszego opracowania oraz dążenie do unikania nadmiernych powtórzeń przywołano w tym miejscu tylko wybrane elementy rozważanej koncepcji opisu niezawodności działania autorstwa J. Koniecznego. Oryginalna, obszerna prezentacja tego rozwiązania znajduje się w [3, 4], a omówienia i analizy jego niektórych części dokonano w ostatnim czasie w pracach [1, 2].

W ramach prowadzonych tu rozważań rozpatruje się opis niezawodności w oparciu wyłącznie o podstawowy model działania<sup>1</sup> w teorii J. Koniecznego – nazywany łańcuchem działania<sup>2</sup>. Łańcuch działania  $L$  jest trójką uporządkowaną [3]:

$$L = \langle x, y, z \rangle \quad (1)$$

a jej poszczególne elementy stanowią:  $x$  – podmiot działania,  $y$  – pośrednik działania,  $z$  – przedmiot działania. Model taki (w powiązaniu z nieujęty tu formalnie celem działania) wyznacza jedno rozpatrywane działanie [3].

Opis i ocena niezawodności możliwe są zarówno w odniesieniu do każdego z podanych ogniw (elementów), jak i całego łańcucha działania (a także działań pozostających względem siebie w określonej relacji – zwłaszcza zabezpieczania bezpośredniego) [3, 4].

W kontekście niniejszego opracowania kolejne istotniejsze założenia związane z opisem niezawodności działań za pomocą modeli postulowanych przez J. Koniecznego to [1, 3, 4]:

- a) wiedza o niezawodności elementów systemu działania,
- b) niezależność procesów uszkodzania się i odnawiania elementów łańcucha,
- c) dwustanowość (w kontekście niezawodnościowym, tj. występowania zdatności albo niezdatności) poszczególnych ogniw łańcucha, jak i rozważanej całości,

---

<sup>1</sup> Dla jasności rozprawy, porządku i przypomnienia należy zaznaczyć, że mowa tu o działaniu definiowanym jako celowe, świadome i uwarunkowane wyborem zachowanie człowieka – jak w pracach [5, 6]. Podobną definicję działania przyjmuje autor pracy [3].

<sup>2</sup> Bardziej skomplikowane modele działania (lub działań), tzn. układy i systemy działania, a dalej sieci prakseologiczne, budowane są zawsze i tak w oparciu o łańcuchy działania – zob. [3, 7], zatem łańcuch działania jest modelem fundamentalnym dla rozpatrywanej teorii.



- d) wielostanowość ogniwa łańcucha działania uwarunkowana liczbą pełnionych przez nie funkcji (prakseologicznych)<sup>3</sup> w rozpatrywanej sytuacji działania,
- e) zależność stanu (niezawodnościowego) łańcucha działania od stanu (niezawodnościowego) poszczególnych jego elementów,
- f) wykorzystanie jako podstawowego wskaźnika niezawodnościowego prawdopodobieństwa zdatności w wyróżnionej chwili (pomocnicze wskaźniki niezawodności mogą stanowić: intensywność uszkodzeń, średni czas między uszkodzeniami oraz prawdopodobieństwo niezdatności).

Łańcuch działania jest zdatny wtedy i tylko wtedy, gdy wszystkie jego ogniwa są zdatne [3, 4], a jego niezawodność opisuje się zależnością [3, 4]:

$$N(L) = N(x) \cdot N(y) \cdot N(z) \quad (2)$$

gdzie:  $N(L)$ ,  $N(x)$ ,  $N(y)$ ,  $N(z)$  – niezawodność (odpowiednio): łańcucha działania, podmiotu działania, pośrednika działania, przedmiotu działania.

Wartość funkcji  $N( )$  wyznaczana dla ogniwi łańcucha działania jest równa wartości prawdopodobieństwa zdarzenia, że dane ogniwo jest zdatne<sup>4</sup>. Na poziomie opisu ogniwi pojęcie zdatności odnosi się do funkcji określonego obiektu w rozważanym łańcuchu działania [3, 4].

Odnosząc się w szczególności do powyższej zależności i założeń c, e oraz f należy zauważyć, że autor posługuje się matematycznymi modelami niezawodności typowymi dla opisu awaryjności obiektów technicznych – przy czym te same modele stosuje do każdego z ogniwi łańcucha działania, zatem również i do obiektów nietechnicznych. Na podstawie różnych prac [3, 7] jasne i pewne jest, że ogniwiem łańcucha działania może (a w przypadku podmiotu musi) być człowiek (albo zespół ludzi albo zespół mieszany<sup>5</sup>). Ponadto, za ogniwo łańcucha działania można uważać m. in. zwierzę czy artefakt [7].

Wobec tej koncepcji przedstawionej powyżej nasuwają się pewne pytania. Niektóre z nich zestawiono poniżej.

1. Co praktycznie (operacyjnie) oznacza zdatność danego ogniwa łańcucha działania i jak może być ona oceniana?
2. Które charakterystyki niezawodności mogą znaleźć zastosowanie do opisu niezawodności ogniwi łańcucha działania?

---

<sup>3</sup> Proszę wiązać to z przypadkiem występowania tego samego obiektu w wielu (związanych ze sobą ze względu na ten obiekt) różnych łańcuchach działania. Wówczas w jednym łańcuchu może on pełnić funkcję podmiotu działania, a w innym funkcję przedmiotu działania itd. – por. [2].

<sup>4</sup> Formalnie opisuje się to za pomocą funkcji  $s( )$  i wartościowania binarnego – zob. [3, 4].

<sup>5</sup> Mieszany – tzn. obejmujący (w przypadku podmiotu działania) człowieka (lub ludzi) oraz przynajmniej jeden obiekt niebędący człowiekiem – por. [3].

3. Jak klasyfikować niezdatność jednego ogniwa spowodowaną niezdatnością innego ogniwa tego samego łańcucha?
4. Jaki jest związek zdatności łańcucha działania z wynikiem opisywanego działania i celem działania?

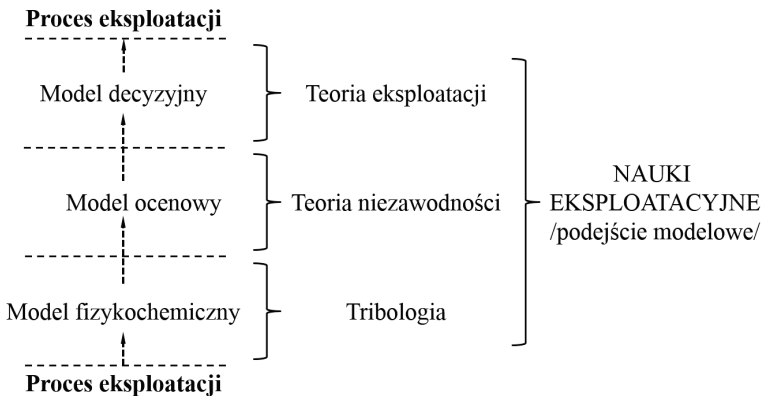
W kolejnych rozdziałach niniejszego opracowania dokonano przeglądu wybranych rozważań, które mogą być pomocne przy udzielaniu odpowiedzi na postawione pytania, oraz sformułowano i zestawiono propozycje (choćby częściowych) odpowiedzi.

### 3. Przegląd wybranych postulatów dotyczących opisywania niezawodności

Wobec sformułowanych pytań zasadne wydaje się odwołanie się do niektórych rozważań dotyczących podstaw teorii niezawodności oraz opisywania wyników działania.

#### 3.1. Trzy poziomy badawcze procesu eksploatacji

W monografii autorstwa J. Koniecznego dotyczącej eksploatacji środków technicznych [8] przedstawiono niektóre założenia metodologiczne nauk eksploatacyjnych – a wśród nich warstwy modelowania badawczego procesu eksploatacji. Model ten (po modyfikacji) został przedstawiony na rys. 1, poniżej.



Rys. 1. Warstwy modelowania badawczego procesu eksploatacji (na podstawie [8])

Pokazuje on, że ta sama rzeczywistość eksploatacyjna oraz ten sam proces eksploatacji mogą być rozpatrywane w różnych, powiązanych ze sobą, aspektach. Odzwierciedleniem tego faktu jest istnienie różnych nauk eksploatacyjnych (tribologii, teorii niezawodności,

teorii eksploatacji), posiadających różne szczegółowe przedmioty badań (w obrębie tej samej rzeczywistości eksploatacyjnej), różne metody badawcze oraz posługujących się różnego typu modelami – zob. [8].

Widoczne jest zatem, że poszczególne nauki eksploatacyjne odnoszą się do tego samego obiektu eksploatacji, zwracając uwagę na: jego wybrane cechy i procesy fizykochemiczne związane z tym obiektem (tribologia), zdarzenia, które dotyczą jego funkcjonowania, tj. odnowa i uszkodzenia (teoria niezawodności), decyzje i działania, które odnoszą się do tego obiektu, a podejmowane są przez jego eksploatatora (teoria eksploatacji). Jak już zaznaczono, wymienione aspekty eksploatacji pozostają ze sobą powiązane – i tak, przykładowo: zmiany niektórych cech obiektu warunkują wystąpienie jego uszkodzenia, wystąpienie awarii jest podstawą do podjęcia decyzji dotyczącej dalszej eksploatacji obiektu, decyzja o odnowie bezpośrednio wpływa na (celową) zmianę pewnych cech obiektu itd.

Przedstawione podejścia badawcze są typowe dla tradycyjnej inżynierii niezawodności. Należy rozważyć możliwość ich zastosowania w ramach opisu niezawodności obiektów pełniących funkcje ogniów łańcucha działania.

### **3.2. Różne ujęcia i definicje niezawodności**

W artykule [9] rozpatruje się niektóre podstawowe pojęcia teorii niezawodności – przy tym celem jest „[...] przyczynienie się w jakiejś mierze do zbudowania jednolitej ogólnej teorii niezawodności, bardziej spełniającej kryteria poprawności metodologicznej niż dotychczasowe teorie niezawodności” [9]. Warto zwrócić uwagę na prezentowane tam podejścia definicyjne do niezawodności. Niezawodność obiektu może być definiowana [9]:

1. w sensie opisowym – jako zdolność tego obiektu do spełniania wymagań,
2. w sensie normatywnym – w szczególności jako prawdopodobieństwo spełnienia przez obiekt stawianych mu wymagań.

W komentarzu do podejścia pierwszego zaznacza się, że określenie „spełnianie wymagań” można by zastąpić określeniem „spełnianie zadań” lub „pełnienie funkcji”, jednak zakres przedmiotowy tych dwóch (ostatnich) określeń jest zbyt duży, ponieważ może zaistnieć sytuacja, gdy pełnione są jakieś funkcje lub realizowane jakieś zadania, które nie są wymagane, zatem w takich przypadkach nie jest zasadne rozważanie niezawodności [9]. Niezawodność pozostaje zatem zawsze ściśle związana z określonymi wymaganiami. Ponadto niektórzy autorzy (zob. [9]) zawężają tę definicję poprzez dodanie zastrzeżenia dotyczącego spełniania wymagań w określonym czasie [9].

W komentarzu do drugiego podejścia stwierdza się m.in., że ze względu na charakter definicji normatywnej (tj. podającej ocenę obiektu) istnieje tyle normatywnych definicji niezawodności, ile sposobów jej oceny [9]. Warto również przytoczyć, że: „W zależności od tego, jak są sformułowane wymagania, różne może być to prawdopodobieństwo” [9].

Przykładowo może to być prawdopodobieństwo, że „obiekt będzie zdolny do pełnienia określonych funkcji w określonym odcinku czasu lub prawdopodobieństwo, że obiekt będzie zdolny do pełnienia określonych funkcji w określonej chwili” [9]. Ponadto, we wnioskach na końcu przywoływanej pracy stwierdza się ogólnie, że: „Niezawodność obiektu, w sensie normatywnym, jest to jego własność określona przez wartości istotnych w określonym przypadku wielkości charakteryzujących zdolność obiektu do spełniania wymagań” [9].

Obszerne rozważania dotyczące trwałości i niezawodności prowadzą m.in. do kolejnej definicji (normatywnej), istotnej w kontekście niniejszej pracy: „Niezawodność obiektu jest to prawdopodobieństwo, że wartości określonych parametrów obiektu nie przekroczą określonych granic w określonych warunkach istnienia obiektu w ciągu okresu  $(0, t)$ ” [9].

Przywołane przykłady obrazują możliwości różnorodnego oceniania niezawodności, jednocześnie jasno ukazując jej istotę (odniesienie do spełnienia wymagań). Ostatnia z przytoczonych definicji jednoznacznie wskazuje, że stawiane wymagania mogą dotyczyć pewnych cech rozpatrywanego obiektu (w tym: ich określonego występowania z pewnym prawdopodobieństwem) – tę kwestię poruszono zarówno w poprzednim, jak i w kolejnym rozdziale.

### 3.3. Zdadność obiektu jako funkcja jego niektórych cech

Opisywaniem niektórych cech oraz parametrów dotyczących funkcjonowania obiektu technicznego zajmuje się (obok tribologii) diagnostyka techniczna. W pracy [19] wymienia się cechy diagnostyczne (i ich wektory):

- struktury wewnętrznej (fizykalne),
- procesów roboczych (związane z realizacją funkcji użytkowych),
- procesów towarzyszących (jako efekt wtórny procesów roboczych).

Cechy dwóch ostatnich rodzajów łącznie określane są terminem „cechy wyjściowe” [10].

Przy takiej klasyfikacji definiuje się stan techniczny<sup>6</sup> obiektu jako właściwość tego obiektu determinowaną przez wektor jego cech struktury wewnętrznej [10]:

$$\mathbf{X}(t, a) = [x_1[f_{1,a}(t)], x_2[f_{2,a}(t)], \dots, x_n[f_{n,a}(t)]] \quad (3)$$

gdzie:  $\mathbf{X}(t, a)$  – wektor stanu technicznego obiektu po czasie eksploatacji  $t$  w warunkach eksploatacji  $a$ ;

---

<sup>6</sup> Por. pojęcie i związany z nim termin „stan systemu” – również w odniesieniu do systemu antropotechnicznego [11].

a dalej wektor cech diagnostycznych [10]:

$$\mathbf{Y}(t, a) = [y_1[\varphi_{1,a}(t)], y_2[\varphi_{2,a}(t)], \dots, y_p[\varphi_{p,a}(t)]] \quad (4)$$

gdzie:  $\mathbf{Y}(t, a)$  – wektor cech diagnostycznych obiektu po czasie eksploatacji  $t$  w warunkach eksploatacji  $a$ ,  $y_1 \dots y_p$  – cechy diagnostyczne obiektu (tu tworzące składowe wektora pochodzące od cech: struktury wewnętrznej, procesów roboczych oraz procesów towarzyszących; szczegóły podano w pracy [10]).

Powyższe daje podstawę do określenia stanu zdatości obiektu oraz rozważania jego niezawodności w kontekście jego cech diagnostycznych [10]. Stan zdatości obiektu ( $S_z$ ) występuje tylko w sytuacji zapisanej po prawej stronie poniższej równoważności [10]:

$$S_z \equiv \mathbf{Y}^1 = \{y_i: \wedge_i[(y_i)_{\min} \leq y_i \leq (y_i)_{\max}]\} \quad (5)$$

gdzie:  $y_i$  – współrzędne wektora cech diagnostycznych,  $(y_i)_{\min}$ ,  $(y_i)_{\max}$  – minimalna oraz maksymalna graniczna wartość cechy diagnostycznej  $y_i$ ,  $\mathbf{Y}^1$  – wektor cech diagnostycznych w przestrzeni zdatości.

Widoczne jest zatem, że diagnostyka techniczna wskazuje na bezpośredni związek występowania niektórych cech oraz parametrów dotyczących funkcjonowania obiektu technicznego z jego zdatością (a dalej niezawodnością).

### 3.4. Prakseometryczna ocena działania

W komentarzu redakcji czasopisma „Prakseologia” do analizowanego wcześniej artykułu [9] jasno wskazano na związki pomiędzy zagadnieniami niezawodnościowymi i prakseologicznymi. Prakseologia jako nauka zajmująca się sprawnością działań zwraca uwagę m.in. na ich skutki (zob. również [12]). W tym zakresie, w kontekście prowadzonych tu rozważań, szczególnie istotna jest ilościowa ocena działań proponowana w ramach ujęcia określanego jako prakseometryczne [13]. Wcześniejsza analiza wykazała już, że opis niezawodności bezpośrednio wiąże się z dokonywaniem oceny. W obrębie próby opisu niezawodności działania uzasadnione jest zatem uwzględnienie propozycji oceny działań wypracowanej przez samą naukę o sprawnym działaniu.

W sytuacji opisu działania proponuje się wprowadzenie matematycznych wskaźników wiążących niektóre wielkości charakteryzujące to działanie w ujęciu ilościowym [13]. Wielkości te to:  $C$  – cel,  $W$  – wynik,  $R$  – wynik podstawowy,  $N$  – nakład, a ich miary

przyjmuje się jako jednakowe [13]. Wyznaczane za ich pomocą wskaźniki zostały przedstawione poniżej za pracą [13]<sup>7</sup>.

1. Stopień wyniku  $\sigma_W$ :

$$\sigma_W = \frac{W}{C} \quad (6)$$

2. Stopień wyniku podstawowego  $\sigma_R$ :

$$\sigma_R = \frac{R}{C} \quad (7)$$

3. Dyferencja wyniku  $\delta_W$ :

$$\delta_W = W - C \quad (8)$$

4. Dyferencja wyniku podstawowego  $\delta_R$ :

$$\delta_R = R - C \quad (9)$$

5. Korzystność wyniku  $\chi$ :

$$\chi = W - N. \quad (10)$$

6. Ekonomiczność wyniku  $\eta$ :

$$\eta = \frac{W}{N} \quad (11)$$

Należy zauważyć, że przedstawiona ocena dotyczy kompletnego działania, a nie odnosi się bezpośrednio do obiektów występujących w tym działaniu, od których (i nie tylko od nich) zależy jednak uzyskany skutek.

Mając na uwadze pokazane wcześniej metody oceny typowe dla teorii niezawodności, racjonalne wydaje się zastosowanie ujęcia statystycznego w odniesieniu do występowania przedstawionych prakseometrycznych wielkości charakteryzujących działanie.

---

<sup>7</sup> Warto przy tym uwzględnić zastrzeżenia autora pracy [13], podawane również za J. Zieleniewskim, dotyczące związków pojęciowych między: stopniem skuteczności, skutecznością oraz celem działania, odnoszące się do opisu skuteczności przed wykonaniem działania oraz po jego wykonaniu.

## 4. Przykłady, spostrzeżenia i wnioski

W niniejszym rozdziale zestawiono nasuwające się w kontekście rozważań nad koncepcją J. Koniecznego spostrzeżenia i wnioski po przeglądzie i analizie przedstawionych w rozdziale 3 podejść badawczych.

### 4.1. Warianty opisu zdolności

W ramach dokonanego przeglądu i przeprowadzonych analiz pokazano, że niezawodnościowy opis obiektu odnosi się do kilku obszarów: cechy (fizycznej / struktury wewnętrznej) obiektu (podejście I; np. grubość okładziny hamulcowej, kąt ostrza noża – por. rozdziały 3.2 i 3.3), cechy wyjściowej obiektu / pełnienia przez ten obiekt pewnej funkcji (podejście II; np. rozwijanie momentu hamowania /oporu/ o określonym przebiegu jego wartości w czasie hamowania, rozwijanie siły oporu podczas cięcia o określonej wartości – por. rozdziały 3.2 i 3.3), osiągania (w wyniku wypełniania tej funkcji) za pomocą tego obiektu pewnych rezultatów (podejście III; np. pojazd zatrzymany przed przeszkodą, płyta przecięta nożem – por. rozdział 3.4)<sup>8</sup>. Odpowiednio, stawiane obiektowi wymagania (por. rozdział 3.2) mogą przy tym dotyczyć każdego z tych obszarów, czyli zarówno wartości cechy obiektu (podejście I; np. grubość okładziny hamulcowej nie może być mniejsza niż  $g$ , kąt ostrza noża nie może być większy niż  $\alpha$ ), cechy wyjściowej obiektu / pełnienia pewnej funkcji (podejście II; np. moment hamujący nie mniejszy niż  $M_h$ , reakcja podczas cięcia nie większa niż  $F_o$ ), jak i uzyskiwanych rezultatów (podejście III; np. droga hamowania nie dłuższa niż  $s_h$ , odchyłka prostoliniowości krawędzi po cięciu nie większa niż  $\Delta_l$ ). Wskazane trzy obszary pozostają ze sobą związane, a zjawiska obserwowane w kolejnym obszarze uwarunkowane są sytuacją w obszarach poprzedzających. Koresponduje to zarówno z przedstawionym wielopoziomowym ujmowaniem rzeczywistości eksploatacyjnej (w rozdziale 3.1), jak i przytoczoną klasyfikacją cech diagnostycznych obiektów (w rozdziale 3.3).

Dobrym, powszechnie znanym przykładem praktycznym (**Przykład 1**) zastosowania pokazanego ujęcia są technologie badania obrabiarek skrawających. Stan techniczny lub niezawodnościowy obrabiarki można określić poprzez (por. normy [14, 15]):

- stwierdzenie wartości pewnych jej cech struktury wewnętrznej (podejście I; np. wartość oporu elektrycznego wirnika silnika, wartości niektórych wymiarów geometrycznych kół zębatach przekładni),
- stwierdzenie wartości pewnych jej cech wyjściowych / parametrów związanych z funkcjonowaniem (podejście II; np. wartości uzyskiwanych prędkości obrotowych wrzeczona w różnych warunkach obciążenia),

---

<sup>8</sup> Por. pojęcia i związane z nimi terminy „chwilowe właściwości eksploatacyjne” oraz „przedziałowe właściwości eksploatacyjne” [11].

- stwierdzenie wartości pewnych cech obrobionego przedmiotu (podejście III; np. wartości określających chropowatość jego powierzchni).

Odpowiednio do przyjętej metody badania mogą być formułowane różne wymagania stawiane tej obrabiarce. W szczególności ostatnie z zaprezentowanych podejść (nr III) to typowa ocena rezultatów określonego, kompletnego działania (dokładniej, w przedstawionym przykładzie 1: ocena cech przedmiotu obrabianego przez określonego tokarza, za pomocą określonej tokarki, w ściśle określonym celu – dotyczącym pożądaných cech przedmiotu obrabianego).

Co zrozumiałe, sformułowanie wymagań stawianych ogniowom łańcucha działania stanowi podstawę opisu ich zdatności oraz niezawodności, co pozostaje związane z doбором matematycznych wskaźników ich niezawodności. I tak, przykładowo, mogą to być wymagania dotyczące występowania pewnej cechy przez określony czas od zadanej chwili albo przez sumaryczny określony czas w zadanym przedziale czasu – por. [3, 4].

Oryginalna koncepcja opisu niezawodności łańcucha działania uwzględnia wyłącznie wymagania dotyczące poprawnego wypełniania funkcji prakseologicznych przez poszczególne ogniwa. Wobec zaprezentowanych podejść do oceny niezawodności racjonalne wydaje się opisywanie zdatności ogniów z wykorzystaniem kryteriów dotyczących ich wybranych cech diagnostycznych (rozstrzygających o poprawności wypełniania wymienionych funkcji).

Oryginalna koncepcja opisu niezawodności łańcucha działania nie uwzględnia (przynajmniej wprost) oceny rezultatu działania. Interesującym zagadnieniem badawczym jest określenie związków między niezawodnością ogniów łańcucha a możliwością uzyskania określonego wyniku działania.

Poszukiwanie związków między różnymi cechami poszczególnych obiektów stanowiących ogniwa łańcucha działania a poprawnością wypełniania przez nie ich funkcji prakseologicznych może być przedmiotem badań szczegółowych (np. z zakresu psychologii, bezpieczeństwa pracy, niezawodności technicznej itd.).

## **4.2. Uwarunkowania występowania pewnych cech obiektu**

Rozpatrując wyszczególnione w rozdziale 4.1 podejścia dotyczące opisu zdatności obiektu biorącego udział w działaniu, należy jeszcze wziąć pod uwagę przyczyny występowania poszczególnych sytuacji.

Niektóre cechy obiektu pozostają w określonej chwili praktycznie niezależne od jego otoczenia (np. aktualna grubość okładziny hamulcowej aktualnie niepracującego hamulca zależy przede wszystkim od jej wcześniejszych wartości oraz dotychczasowych warunków eksploatacji).

Jednak inne cechy tego obiektu czy pewne parametry dotyczące funkcjonowania tego obiektu są istotnie zależne od jego pewnych cech oraz czynników związanych z jego



otoczeniem (np. aktualna prędkość obrotowa wrzeczona tokarki zależy nie tylko od cech silnika czy przekładni, ale m.in. i od aktualnych parametrów źródła zasilania). W przypadku ogniwa łańcucha działania należy przez to również rozumieć zależność od pozostałych ogniwi tego łańcucha (np. dla pośrednika działania, jakim jest wspomniana tokarka, to zależność od podmiotu działającego i przedmiotu działania: kwalifikacji i decyzji tokarza oraz skrawalności materiału).

Ponadto, uzyskanie wartości pewnych cech przedmiotu działania uwarunkowane jest cechami i parametrami postępowania / funkcjonowania podmiotu i pośrednika działania, wpływami spoza danego łańcucha działania oraz początkowymi cechami przedmiotu.

Powyższe stwierdzenia można powiązać z ogólnymi rozważaniami w obszarze cybernetyki [16], a na uwarunkowania tego typu, w kontekście niezawodności człowieka wskazuje się np. w pracach [17, 18], a w kontekście teorii zagrożeń – w monografii [19].

Do występowania wskazanych zależności odnoszą się dwa kolejne przykłady praktyczne: złamanie noża tokarskiego z powodu błędnego ruchu operatora obrabiarki (**Przykład 2a**); złamanie noża tokarskiego z powodu wystąpienia wtrącenia w przedmiocie obrabianym (**Przykład 2b**).

Oba przywołane zdarzenia związane są z uszkodzeniem rozpatrywanego noża oraz ze zmianą pewnych jego cech fizykalnych, brakiem możliwości wypełniania żądanych funkcji oraz uniemożliwieniem osiągnięcia przyjętego celu działania (toczenia). W obu przypadkach przyczyna awarii noża jest jednak zupełnie inna i związana z obiektami innymi niż uszkodzone narzędzie. Dokonując opisu tych zdarzeń z pomocą łańcucha działania reprezentującego toczenie<sup>9</sup> od razu można stwierdzić, że przyczyną uszkodzenia pośrednika działania (nóża) *y* w przykładzie 2a było nienależyte wypełnianie swej funkcji przez podmiot działania (tokarza) *x*, a w przykładzie 2b nienależyte wypełnianie swej funkcji przez przedmiot działania (przedmiot obrabiany) *z*. Wobec tego przyczyna uszkodzenia pośrednika działania (nóża) *y* nie jest związana z tym obiektem i – przykładowo – nie może być podstawą do negatywnej oceny jego pewnych cech (jego jakości).

Ujawnia się tu zatem kolejne uwarunkowanie istotne do uwzględnienia przy ocenie zdatości ogniwa łańcucha działania dotyczące wzajemnego wpływu poszczególnych ogniwi na ich zdatość i niezawodność.

### 4.3. Wnioski końcowe

Próba ustosunkowania się do problemu opisu występowania stanu zdatości poszczególnych elementów łańcucha działania prowadzi do stawiania pytań

---

<sup>9</sup> Łańcuch:  $\langle$ tokarz *x*; tokarka (z nożem) *y*; przedmiot obrabiany *z* $\rangle$ ; cel działania: przedmiot o kształcie **K**, wymiarach **W** i chropowatości powierzchni **R**.

o (przynajmniej niektóre) paradygmaty stojące za teorią niezawodności oraz pojęcia tej teorii.

Pokazany w rozdziale 2 opis niezawodnościowego stanu łańcucha działania to opis dotyczący wyłącznie pewnych cech lub parametrów funkcjonowania jego poszczególnych ogniw, od których zależy jednak osiągnięcie celu działania w praktyce.

W sytuacji oceny zdatności obiektów występujących w określonym działaniu problem wyboru ich cech diagnostycznych warunkujących poprawne wypełnianie przez nie funkcji prakseologicznych wymaga rozwiązywania w odniesieniu do poszczególnych (rodzajów) działań. Stanowi to odpowiednik znanego w diagnostyce technicznej wyboru cech weryfikowanych podczas oceny. Jest to również precyzyjnym sformułowaniem wymagań (w kontekście niezawodnościowym) stawianych poszczególnym obiektom. Dalej rozpatrywać można już różne zdarzenia związane z występowaniem wspomnianych cech i dokonać doboru matematycznych wskaźników niezawodności dla poszczególnych ogniw łańcucha działania. Należy jednak mieć na uwadze kwestię przyczyn występujących uszkodzeń, a zwłaszcza wzajemnego oddziaływania ogniw łańcucha działania na siebie.

Niezawodność łańcucha działania wyrażana jako iloczyn niezawodności jego poszczególnych ogniw może być tak określana tylko w sytuacji niezależności uszkodzeń ogniw od siebie (por. założenie b w rozdziale 2). Brak zależności uszkodzeń nie jest jednak wprost równoważny brakowi oddziaływań ogniw tego samego łańcucha na siebie. Ocena zdatności i niezawodności poszczególnych ogniw łańcucha działania powinna być zatem przeprowadzana tylko w kontekście współpracy danego ogniwa z określonymi pozostałymi ogniwami, w danym otoczeniu łańcucha działania. Ponadto, jak wykazano choćby w przykładach 2a i 2b, w rzeczywistych systemach działania mogą występować zależności uszkodzeń (lub odnowy) poszczególnych ogniw łańcucha działania od siebie. Zasady ewidencjonowania i uwzględniania w ocenie niezawodności poszczególnych ogniw łańcucha takich zdarzeń powinny zostać określone i uwzględnione w prowadzonych analizach.

Ze względu na przedmiot badań, postulowane przez J. Koniecznego opisywanie niezawodności działania przynależy do prakseometrii, której wybrane wskaźniki (przedstawione w rozdziale 3.4) mogą być rozwijane przez wprowadzenie statystycznego ujmowania wyników działania. Probabilistyczne ujmowanie skutków działania przed jego wykonaniem wymaga uwzględnienia w rozważaniach ograniczeń stawianych przez definicje podstawowych pojęć wykorzystywanej teorii działania. Wydaje się jednak, że na gruncie analizowanych ujęć brak jest przeciwwskazań do statystycznego opisu skutków działań już przeprowadzonych.

Ponownie tradycyjna, typowa ocena niezawodności obiektu technicznego okazuje się stanowić szczególny przypadek oceny niezawodności działania.

### **Podziękowanie**

*Pracę wykonano w ramach badań prowadzonych w Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, nr umowy – subwencja 16.16.130.942.*

## **5. Literatura**

1. M. Smolnik, „Analiza elementów oceny niezawodności działań w inżynierii systemów działania Józefa Koniecznego”, in T. Nowakowski, A. Rosiński, M. Siergiejczyk, Eds., „Problemy niezawodności systemów technicznych – teoria i zastosowania”, Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej 2021.
2. M. Smolnik, “An Attempt to Characterise the Reliability of an Action Considering the Type of Its Result”, *Journal of KONBiN*, vol. 52, iss. 1, 2022.  
DOI 10.2478/jok-2022-0008.
3. J. Konieczny, „Inżynieria systemów działania”, Warszawa: Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 1983.
4. J. Konieczny, „Modele ocenowe systemów”, Warszawa: Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego, 1983.
5. W. Bojarski, „Podstawy analizy i inżynierii systemów”, Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe, 1984.
6. T. Pszczołowski, „Mała encyklopedia prakseologii i teorii organizacji”, Wrocław: Zakład Narodowy im. Ossolińskich – Wydawnictwo, 1978.
7. J. Konieczny, E. Olearczuk, W. Żelazowski, „Elementy nauki o eksploatacji”, Warszawa: Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 1969.
8. J. Konieczny, „Podstawy eksploatacji urządzeń”, Warszawa: Wydawnictwo Ministerstwa Obrony Narodowej, 1975.
9. A. Kiliński, „Definicje opisowo-analityczne i wartościująco-normatywne podstawowych pojęć teorii niezawodności”, *Prakseologia*, no. 38, 1971.
10. A. Sowa, „Ocena stanu technicznego pojazdów szynowych na podstawie cech zdeterminowanych”, Postdoctoral dissertation, Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Kraków, 2013.
11. T.M. Dąbrowski, „Diagnozowanie systemów antropotechnicznych w ujęciu potencjałowo-efektowym”, Postdoctoral dissertation, Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa, 2001.
12. W. Gasparski, „O pojęciu sprawności”, *Prakseologia*, no. 27, 1967.
13. W. Gasparski, „Kryterium i metoda wyboru rozwiązania technicznego w ujęciu prakseometrycznym”, Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe, 1970.

14. PN-ISO 230-1:1998: Przepisy badania obrabiarek: Dokładność geometryczna obrabiarek pracujących bez obciążenia lub w warunkach obróbki wykańczającej.
15. PN-ISO 10791-3:2001: Warunki badania centrów obróbkowych: Część 3: Sprawdzanie dokładności geometrycznej obrabiarek z głowicami wrzecionowymi indeksowanymi lub pozycjonowanymi w sposób ciągły (z pionową osią Z).
16. M. Mazur, „Cybernetyka i charakter”, Warszawa: Państwowy Instytut Wydawniczy, 1976.
17. O. Hryniewicz, „Niezawodnościowy model systemu obiekt techniczny – operator”, „Niezawodność systemów człowiek – obiekt techniczny 1. Materiały Szkoły Zimowej – 79”. Ośrodek Postępu Technicznego, Katowice 1979.
18. H. Radecki, Z. Smalko, R. Suprunowicz, „Model wpływu procesów termodynamicznych w organizmie człowieka na jego niezawodność” in „Niezawodność systemów człowiek – obiekt techniczny 1. Materiały Szkoły Zimowej – 79”. Ośrodek Postępu Technicznego, Katowice 1979.
19. Z. Smalko, T. Nowakowski, A. Tubis, „Zarys niezawodnościowej teorii zagrożeń”, Wrocław: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2020.