

ANALIZA MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA STATYSTYCZNEJ KONTROLI ODBIORCZEJ DO OCENY ŻYWOTNOŚCI WYROBU

Dominika SIWIEC¹, Andrzej PACANA^{2*}

¹ Rzeszów University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering and Aeronautics, Rzeszów, Poland; d.siwiec@prz.edu.pl, ORCID: 0000-0002-6663-6621

² Rzeszów University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering and Aeronautics, Rzeszów, Poland; app@prz.edu.pl, ORCID: 0000-0003-1121-6352

* Korespondencja: app@prz.edu.pl; Tel.: +48 17 865 13 90

Streszczenie: W procesach produkcyjnych, które nie są uregulowane statystycznie ważnym jest stosowanie odpowiednich kontroli, do których zaliczana jest statystyczna kontrola odbiorcza (SKO). Kontrola ta polega na ocenie czy dostarczone lub oferowane do dostarczenia jednostki wyrobu, partie wyrobów lub usługa jest możliwa do zaakceptowania. Celem opracowania jest przeanalizowanie możliwości wykorzystania statystycznej kontroli odbiorczej (SKO) do oceny żywotności wyrobu. Dokonano przeglądu wybranych pozycji literaturowych z lat od 1900 do 2019 roku (tj. 479 pozycji dotyczących SKO) z bazy Web of Science dotyczących statystycznej kontroli odbiorczej. Wynioskowano, że istotnym z punktu dokonanych analiz w obszarze statystycznej kontroli odbiorczej jest przeanalizowanie możliwości wykorzystania tej metody do oceny żywotności wyrobu (tj. pozyskano około 74 pozycji dotyczących żywotności wyrobu w SKO z przeanalizowanych 479 pozycji dotyczących SKO). Motywacją dokonania analizy była przeważająca liczba pozycji literaturowych z dziedziny inżynierii w tym inżynierii przemysłowej, w których problem żywotności wyrobu wydaje się być istotnym, ze względu na postęp nauki, a tym samym zwiększenie trwałości wyrobów. Przeanalizowane pozycje literaturowe i przytoczone analizy dokonanych w obszarze badań możliwości wykorzystania statystycznej kontroli odbiorczej do oceny żywotności wyrobu mogą stanowić przydatną bazę do podjęcia kolejnych analiz w celu zwiększenia możliwości wykorzystania tej metody do oceny żywotności wyrobu.

Słowa kluczowe: jakość, kontrola statystyczna, żywotność wyrobu, plany statystyczne

ANALYSIS OF THE POSSIBILITIES USED THE ACCEPTANCE SAMPLING PLAN TO ASSESS THE LIFE OF THE PRODUCT

Abstract: In the production processes, which are not statistically regulated it is important to use the right control, to which the acceptance sampling plan is counted. This control consists in assessing whether the product unit, batches of product or service provided or offered for delivery is acceptable. The aim of the study is an analysis of the possibilities to use the acceptance sampling plan to assess the life of the product. The literature review of the selected section of the literature from 1900 to 2019 (i.e. 479 positions) was made from the Web of Science base, and it was concerned about the acceptance sampling plan. It was concluded that from the point of analysis carried out in the area of statistical inspection control it was important to analyze the possibility of using this method to assess the product's life span (i.e. about 74 items related to the product's life span were obtained from the 479 items analyzed). The motivation to make an analysis was an overwhelming number of the literature items from the engineering section including industrial engineering, in which the problem of life of the product is important due to the progress of science, and increasing the durability of products. The analyzed literature items and cited analyses in the area of the study of the possibilities the use of the acceptance sampling plans to assess the life of the products, can be a useful base to make next analyses in order to increase the possibilities used this method to assess the life of the product.

Keywords: quality, statistical control, life of the product, statistical plan

1. Wprowadzenie

W celu zapewnienia odpowiedniej jakości wyrobów należy stosować kontrolę odbiorczą, która jest przydatna w szczególności, gdy procesy produkcyjne nie są uregulowane statystycznie (Szkoda, 2003). Kontrola odbiorcza jest procesem, w którym dokonuje się oceny czy dostarczone lub oferowane do dostarczenia jednostki wyrobu, partii wyrobów lub usługa jest możliwa do zaakceptowania (PN-ISO 2859-1:2003; PN-EN ISO 9000:2015-10). Kontrola odbiorczej poddawane są najczęściej partie produktu, czyli wybrana ilość wyrobu, materiału lub usług stanowiąca całość danej kontroli, gdzie na partię kontrolowaną może składać się kilka partii produkcyjnych lub część jednej partii produkcyjnej (Steczkowski, 2009).

Podczas kontroli odbiorczej dokonuje się jedynie kontroli jakości wykonania (Steczkowski, 2009). Kontrolę odbiorczą przeprowadza się po zakończeniu procesu produkcyjnego, wówczas dokonuje się końcowej oceny jakości wyrobów lub jako kontrola po zakończeniu operacji, gdzie jest kontrolą międzyoperacyjną jakości wyrobów (Szkoda, 2003). Ze względu na postęp nauki i technologii w przypadku produkcji wyrobów, zwiększyła się niezawodność produkcji wyrobów, a tym samym trwałość produktów. Zjawisko to utrudniało dokonywanie testów żywotności wyrobów w celu oceny ich trwałości, dlatego istotnym było dokonanie przeglądu literatury w celu przeanalizowania możliwości wykorzystania statystycznej kontroli odbiorczej do oceny żywotności wyrobu. Celem opracowania jest

przeanalizowanie możliwości wykorzystania statystycznej kontroli odbiorczej (SKO) do oceny żywotności wyrobu. Przeanalizowano wybrane pozycje literaturowe z lat od 1900 do 2019 roku (tj. 479 pozycji dotyczących SKO) z bazy Web of Science dotyczących statystycznej kontroli odbiorczej.

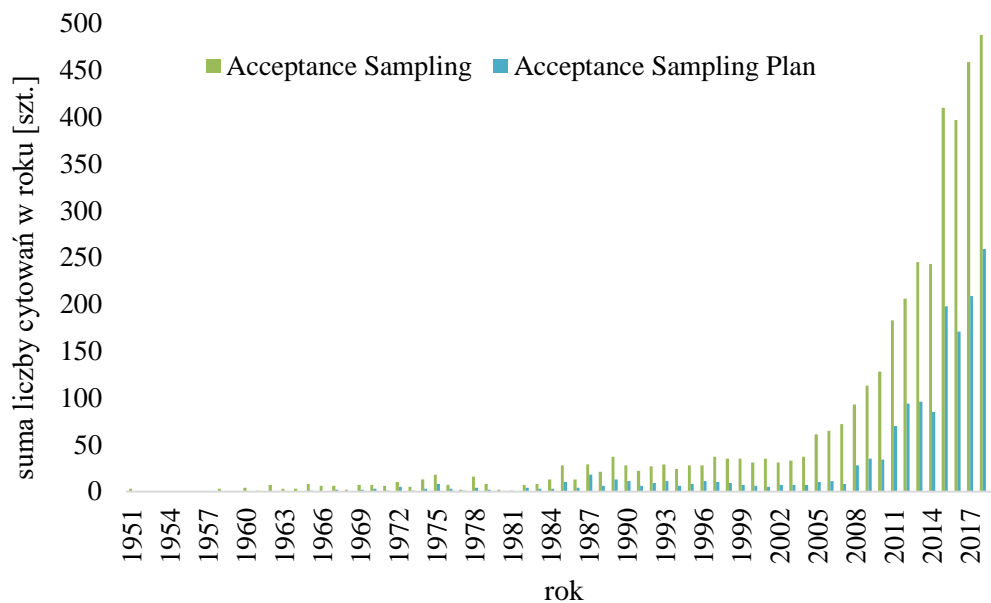
2. Popularyzacja statystycznej kontroli odbiorczej

W celu przeanalizowania możliwości wykorzystania statystycznej kontroli odbiorczej do oceny żywotności wyrobu dokonano przeglądu wybranych pozycji literaturowych z multidyscyplinarnej bazy bibliograficzno-abstraktowej Web of Science. W celu pozyskania pozycji literaturowych w bazie Web of Science na temat analizowanego tematu postępowano zgodnie następującymi zasadami:

- w kategorii tytuł/temat uwzględniono:
 - Acceptance Sampling Plan;
 - Acceptance Sampling;
- w kategorii zakres wyszukiwania uwzględniono:
 - tytuł;
 - temat;
- okres czasu wyszukiwania: od 1900 do 2019 roku.

Spośród wszystkich dostępnych pozycji literaturowych, które otrzymano po uwzględnieniu tych kategorii przeanalizowano tylko te pozycje literaturowe, które odnosiły się do statystycznej kontroli jakości oraz żywotności wyrobów w statystycznej kontroli jakości (tj. w sumie 479 pozycji literaturowych, a w tych około 74 dotyczących żywotności wyrobu w SKO).

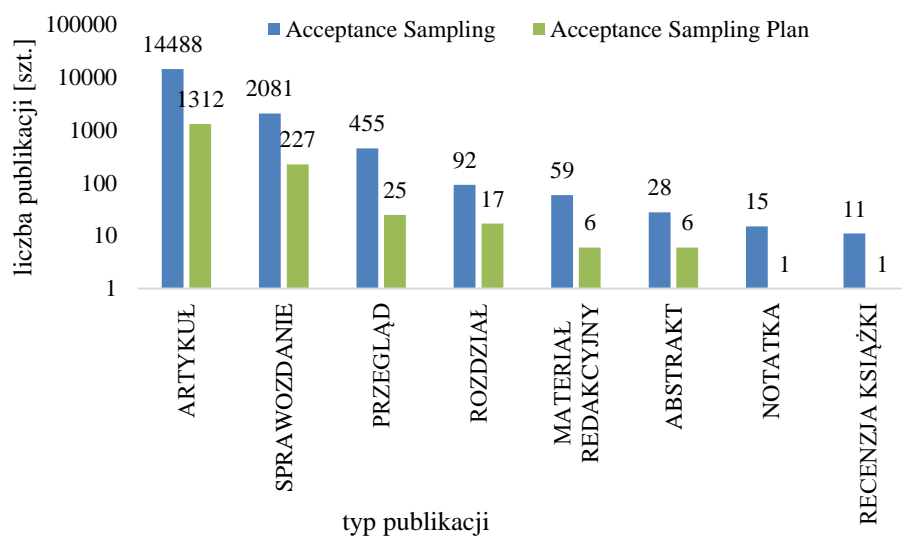
Przeanalizowano zbiór dostępnych pozycji literaturowych w bazie Web of Science pod względem liczby cytowani publikacji na temat statystycznej kontroli odbiorczej z uwzględnieniem w kategorii tytuł – Acceptance Sampling lub Acceptance Sampling Plan (Rysunek 1).



Rysunek 1. Liczba cytowań publikacji (kategoria: tytuł) „Acceptance Sampling” oraz „Acceptance Sampling Plan” w latach 1951 – 2019. Opracowanie własne na podstawie (Web of Science, Results Analysis – Publication Years).

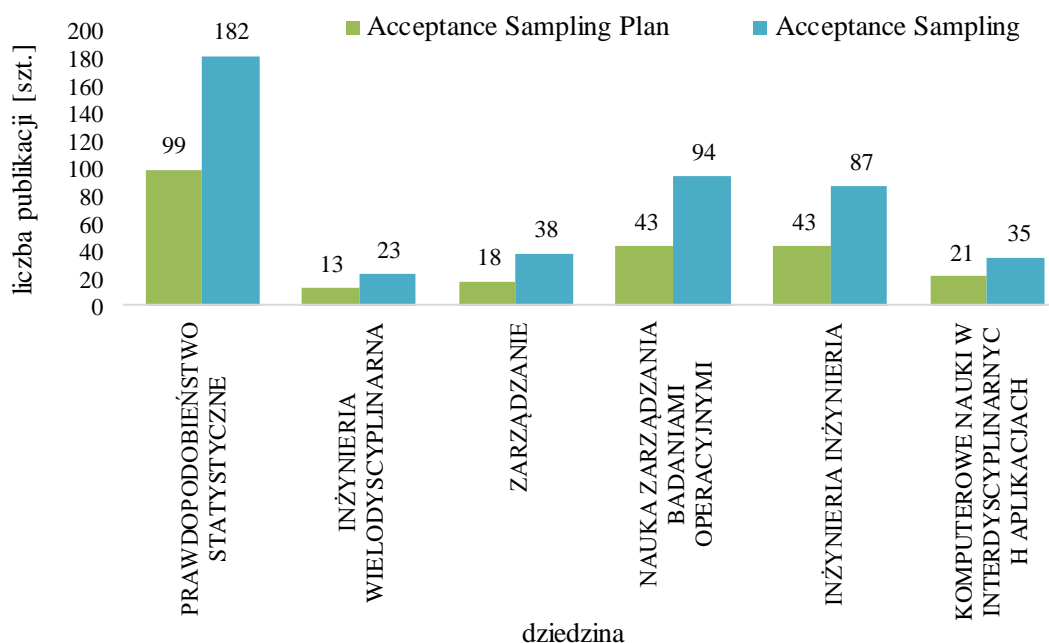
Po przeanalizowaniu zbioru dostępnych pozycji literaturowych w bazie Web of Science wywnioskowano, że największa liczba cytowań publikacji na temat pobierania próbek do akceptacji nastąpiła po roku 2015, gdzie w przypadku wyszukanych tytułów publikacji, w których uwzględniono „Acceptace Sampling” było to w sumie 1754 cytowań rocznie publikacji udostępnionych na Web of Science, a z kolei dla „Acceptance Sampling Plan” było to w sumie 837 cytowań publikacji udostępnionych na Web of Science.

Następnie dokonano analizy pod względem rodzaju publikacji, gdzie w kategorii wyszukiwania w bazie Web of Science uwzględniono tytuł lub temat publikacji, a wyszukano – Acceptace Sampling lub Acceptance Sampling Plan (Rysunek 2).



Rysunek 2. Liczba publikacji (kategoria tytuł: „Acceptance Sampling” oraz „Acceptance Sampling Plan”) – rodzaj publikacji w WoS w latach 1951 – 2019.

Największą liczbę publikacji dotyczących statystycznej kontroli odbiorczej stanowiły artykuły, kolejno materiały pokonferencyjne i materiały przeglądowe. Kolejno przeanalizowano liczbę publikacji dla kategorii tytuł tj.: Acceptace Sampling oraz Acceptace Sampling Plan w bazie Web of Science pod względem rodzajów dziedzin nauki (Rysunek 3).



Rysunek 3. Liczba publikacji dla typu publikacji (kategoria – tytuł: „Acceptance Sampling” oraz „Acceptance Sampling Plan”) w latach 1951 – 2019. Opracowanie własne na podstawie (Web of Science, Results Analysis – Categories).

Głównymi dziedzinami nauki, w których umieszczono największą liczbę publikacji na temat statystycznej kontroli odbiorczej były: prawdopodobieństwo statystyczne, zarządzanie, inżynieria przemysłowa, nauka zarządzania badaniami operacyjnymi, inżynieria w ujęciu multidyscyplinarnym i aplikacje interdyscyplinarne nauk na komputerze.

Ze względu na dużą liczbę publikacji w ostatnich czterech latach (od 2015 do 2019 roku) dotyczących statystycznej kontroli, jak i ze względu na dużą liczbę publikacji w obszarze inżynierii (w sumie 166 pozycje) wywnioskowano, że istotnym z punktu dokonywanych analiz statystycznej kontroli odbiorczej jest przeanalizowanie możliwości wykorzystania tej metody do oceny żywotności wyrobu. Wybrano do analizy problem oceny żywotności wyrobu, ze względu na przeważającą liczbę pozycji literaturowych w bazie Web of Science odnoszących się do dziedziny inżynierii w tym inżynierii przemysłowej, w których problem żywotności wyrobu wydaje się być istotnym. Dodatkowo po wstępnym przeglądzie literatury dotyczącej statystycznej kontroli odbiorczej, wywnioskowano, że problem żywotności wyrobu stanowił znaczą liczbę z wszystkich przeanalizowanych publikacji (około 74 z 479 przeanalizowanych publikacji).

3. Analiza

Plany pobierania próbek przeznaczone do analizy testów żywotności wyrobów (LSP) były przeważnie wykorzystywane do określenia czy przyjąć lub odrzucić partię wyrobów. Różnice pomiędzy planami pobierania próbek do analizy testów żywotności wyrobu lub grupy wyrobów występowały między innymi w założonym rozkładzie życia. Po przeanalizowaniu pozycji literaturowych, wywnioskowano, że do przeprowadzenia badań żywotności wyrobu lub grupy wyrobów wykorzystywano następujące rodzaje rozkładów:

- rozkład Frecheta (Malathi, and, Muthulakshmi, 2017),
- rozkład normalny (Dobbah et al., 2018),
- rozkład ze znanym i nieznanym odchyleniem standardowym (Dobbah et al., 2018),
- rozkład Weibulla (Alsam et al., 2013; Fernandez, and, Perez-Gonzalez, 2012; Hsieh, and, Lu, 2013; Alsam et al., 2012; Alsam, and, Jun, 2009; Alsam et al., 2013; Bhattacharya et al., 2015; Kim, and, Yum, 2009),
- rozkład uogólniony z rozkładem wykładniczym (Alsam et al., 2013; Alsam et al., 2012; Alsam et al., 2013; Alsam et al., 2012),
- rozkład Weibulla-Pareto (NWP) (Al-Omari et al., 2016),
- rozkład logarytmu (Fernandez, and, Perez-Gonzalez, 2012),

- rozkład rozkładu (dystrybucji) lognormalnej (Li, and, Sun, 2015),
- rozkład wykładniczy w czasie cenzurowania (Gao, and, Li, 2014; Gui, and, Xu, 2015)
- rozkład odwrotny Weibulla (SGIW) (Mahdy, and, Ahmed, 2018; Chowdhury, 2016; Chung et al., 2004; Al-Omari, 2018; Mahdy, et al., 2018),
- rozkład X Burr (model log-logistyczny) (Kim, and, Yum, 2009; Hu, and, Gui, 2018; Aslam et al., 2013a, 2013b, 2013c; Suresh, et al., 1997; Alsam et al., 2010; Alsam, and, Jun, 2009a, 2009b),
- rozkład dystrybucji wykładniczej Marshalla-Olkina (Al.-Omari et al., 2018; Rao, 2013; Gui, and, Alsam, 2017),
- rozkład uogólnionej dystrybucji (rozkładu) wykładniczej (Alsam et al., 2015; Alsam et al., 2011).;
- rozkład uogólnionego, odwróconego rozkładu wykładniczego (Chen et al., 2004),
- rozkład atrybutu rozkładu wykładniczego (Gogah, and, AlNasser, 2018),
- rozkład uogólnionego inwestycyjnego rozkładu Weibulla (GIWD) (Chen et al., 2004),
- rozkład Rayleigha (Mahdy, and, Ahmed, 2018; Tsai, and, Wu, 2006),
- rozkład odwrotny rozkład Rayleigha (Aslam, and, Jun, 2009),
- rozkład Gamma (Al.-Masri, 2018; Gupta, and, Groll, 2018),
- rozkład Birnbauma-Saundersa (BS) (Balakrishnan et al., 2007; Aslam et al., 2011; Alsam, and, Kantam, 2008),
- rozkład Pareto II rodzaju (Aslam et al., 2010),
- rozkład wykładniczej dystrybucji logistycznej wykładniczej (Rosaiah et al., 2017; Zain et al., 2015),
- rozkład $\frac{1}{2}$ dystrybucji logistyczny (Rao, and, Naidu, 2016),
- rozkład Maxwella (Wanbo, 2011),
- rozkład alfa (Khan, and, Islam, 2013),
- rozkład dla rozszerzonej średniej wykładniczej (Al-Omari, and, AlHadharami, 2018),
- rozkład mocy Lindleya (Shahbaz, 2018),
- rozkład Sushili (Al.-Omari, 2018),
- rozkład log-EIG (Lu et al., 2016),
- rozkład wykładniczo-potęgowy (Gogah, and, AlNasser, 2018),
- rozkład logistyczny potęgowy połowiczny (Rao, and, Naidu, 2015).

W inżynierii powszechnie stosowana jest dystrybucja Lognormalna, którą jest również rozkład życiowy ważnych wartości badawczych. W przypadku produktów o długiej żywotności należy przestrzegać tej dystrybucji, także konieczne jest zastosowanie technik przyspieszonego testowania do demonstracji produktu (Li, and, Sun, 2015). Z tego względu, istotnym aspektem w przypadku oceny żywotności, który poddano analizie, to plan

przyspieszonej akceptacji próbek ze znanym lub nieznanymi ryzykiem producenta i konsumenta (Chung et al., 2004; Chen, and, Li, 2017; Li et al., 2018).

Przyspieszone plany pobierania próbek (ALSP) mają zastosowanie w szczególności przy wykazaniu, że dany produkt cechuje wysoka niezawodność i długa żywotność. Przyspieszone plany pobierania próbek (ALSP) umożliwiają podjęcie szybkiej decyzji o zatwierdzeniu partii produktu, przy jednoczesnym obniżeniu kosztów całkowitych dokonania kontroli (Li et al., 2018). Przeprowadzono przyspieszone testy żywotności, w których uwzględniono ryzyko producenta oraz konsumenta i zaprojektowano je tak, aby działały niezależnie od tego, czy czynnik przyspieszający (AF) jest znany czy nieznan. Gdy czynnik przyspieszający był znany testy przeprowadzane były w przyspieszonych warunkach z cenzurą czasu, zostało spełnione ryzyko producenta, a wielkość próbki testowej i wielkość numeru akceptacji zostały zoptymalizowane. Kiedy czynnik przyspieszający był nieznan dobrano z góry dwa lub większą liczbę poziomów przyspieszonego stresu, a wielkość i proporcje próbek przydzielone do każdego poziomu stresu zostały zoptymalizowane (Kim, and, Yum, 2009; Li, and, Sun, 2015; Gao, and, Li, 2014). Poprzez zminimalizowanie uogólnionej asymptotycznej wariancji statystyk testowych osiągnięto stałą akceptowalności, która zaspokaja ryzyko producenta i konsumenta (Gao, and, Li, 2014). Kolejnymi z dostępnymi planów próbkowania są plany skróconych testów żywotności, które bazują w oparciu o rozkłady wykładnicze, normalne, lognormalne, gamma, Weibulla itp., i podobnie jak plany testów trwałych bez emisji, oparte są na zwiększaniu lub zmniejszaniu rozkładu niepowodzeń.

W przypadku planów próbkowania dla skróconych testów żywotności:

- opracowano plan według dystrybucji normalnej, gdzie kontrolowany jest każdy ogon dystrybucji na oddzielne poziomy (Owen, 1969),
- przeanalizowano nowy rozkład prawdopodobieństwa zmiennej losowej w całym okresie życia: uogólniony, odwrotny rozkład Weibulla (SGIW), w którym:
 - za parametr jakości uznano medianę czasu życia jednostki testowanej,
 - określono ryzyka konsumenta i producenta,
 - szacowano minimalny rozmiar próbki wymagany do zapewnienia określonego medianowego okresu trwałości (Mahdy et al., 2018),
- przeanalizowano dwuetapowy plan pobierania próbek grupowych dla percentyla okresów życia, które mają rozkład X typu Burr (Aslam et al., 2013) i XR typu Burr (Aslam et al., 2013),
- poprzez uwzględnienie dwustopniowego planu próbkowania grupowego jako planu odniesienia w rozkładach Burr typu X i XII, zaprojektowano optymalne planu próbkowania partii pomijającej typu SkSP-2 (skip – lot) (Alsam et al., 2012; Alsam et al., 2009),

- przeanalizowano problem próbkowania akceptacyjnego, gdzie przeanalizowano różne liczby akceptacji, różne poziomy ufności i różne wartości stosunku ustalonego czasu eksperymentu do określonego średniego okresu trwałości (Suresh, and, Ramanathan),
- opracowano plany dla rozkładu Maxwella, jak i opracowano algorytm do ustalania planów próbkowania dla innych parametrów jakości (Wanbo, 2011),
- opracowano plany dla rozszerzonego percentyla dystrybucji wykładniczej Marshalla-Olkina (Rao, 2013),
- zaproponowano nową klasę ważonych rozkładów wykładniczych za pomocą idei Azzalini i opracowano plan odbioru akceptacji dla ważonej dystrybucji wykładniczej w ramach skróconego testu trwałości (Gui, and, Alsam, 2017),
- opracowano plan próbkowania akceptacyjnego na podstawie atrybutu rozkładu wykładniczego (Gui, and, Xu, 2015; Chen et al., 2004),
- przeanalizowano plany pobierania próbek dla Uogólnionego Inwersyjnego Rozkładu Weibulla (GIWD) (Aslam, and, Jun, 2009),
- przy założeniu, że czas życia produktu wynika z uogólnionego rozkładu log-logistycznego i są znane parametry kształtu został opracowany plan próbkowania podwójnego odbioru dla testu skróconego czasu życia (Alsam, and, Jun, 2009a; Alsam et al. 2009),
- przeanalizowano problem doboru planu próbkowania skróconych testów żywotności, gdy czas życia następuje po uogólnionym rozkładzie Rayleigha⁴⁴ i odwrotnym rozkładzie Rayleigha (Alsam, and, Jun, 2009a),
- opracowano plany próbkowania akceptacyjnego, gdzie uzyskano minimalny rozmiar próbki niezbędny do zapewnienia określonej medianowej żywotności przy założeniu, że okresy życia jednostek testowych są zgodne z uogólnionym rozkładem Birnbauma – Saundersa (Balakrishnan et al., 2007),
- opracowano plany odbioru akceptacji, w których przyjęto, że okresy życia jednostek testowych odpowiadają rozkładowi Birnbauma Saundersa (Alsam et al., 2011).

Oprócz planów próbkowania dla skróconych testów żywotności zostały opracowane plany akceptacji dla grupy próbek (GASP) dla skróconych testów życia, gdy okresy życia elementów następują po rozkładzie Pareto drugiego rodzaju (Asla et al., 2010). Wykazano użyteczność stosowania planów akceptacji dla grupy próbek (GASP) w przemyśle do kontroli jakości, czy w badaniach nad zdrowiem (Rosaiiah et al., 2017; Zain et al., 2015). Po przeglądzie literatury, wywnioskowano, że zostały opracowane takie plany akceptacji dla grupy próbek, w których:

- dana grupa próbek zostaje ponownie przekazana do kontroli, jeżeli czas życia produktu jest zależny od wykładniczej dystrybucji logistycznej (Rosaiiah et al., 2017; Zain et al., 2015).

- porównano wskaźniki wydajności procesu u poszczególnych dostawców (Butt et al., 2018),
- zapewniono trwałość jakości produktu przy założeniu, że okres użytkowania produktu jest zgodny z potęgowanym pół dystrybucją logistyczną (Rao, and, Naidu, 2016),
- zaproponowano procedurę dla uogólnionego systemu dwupozycyjnego z dwuetapowym warunkowym próbkowaniem grupowym jako planem odniesienia z wykorzystaniem poziomów jakości (Suresh, and, Xavier, 2016).

W literaturze przedmiotu znajdują się także analizy i opracowania dotyczące innych typów planu, tj.:

- plan mieszanych próbek powtórzeń grupowych (RGS), gdzie przykładowo stworzono plan RGS oparty na wskaźniku zdolności procesu, C-pk, w którym charakterystyczne cechy jakościowe są zgodne z rozkładem normalnym z nieznaną średnią i nieznaną wariancją (Saminathan, and, Mahalingam, 2018; Balamurali, 2017), czy opracowano plany RGS dla rozkładu Weibulla i uogólnionych rozkładów wykładniczych (Aslam et al., 2012),
- plan próbkowania akceptacyjnego dotyczący niezawodności próbek typu RASP, gdzie dokonano analizy niezawodności wielu próbek w oparciu o ich żywotność (Bhattacharya et al., 2015), czy przeanalizowano niezawodność odbioru przedmiotów nie nadających się do naprawy (Cha, 2015), plany te stworzono dla rozkładu czasu życia Weibulla (Bhattacharya et al., 2015; Kim, and, Yum, 2009) lub dla rozkładu Birnbauma-Saundersa (BS) (Alsam, and, Kantam, 2008).

Przeprowadzone zostały analizy w oparciu o testy żywotności i testy niezawodności partii zaakceptowanej podczas danej kontroli, które umożliwiły poprawienie charakterystyki odnoszącej się do niezawodności populacji w zależności od akceptacji dokonywanej w statystycznej kontroli odbiorczej (Cha, 2015). Opracowano typy planów w przypadku, gdy żywotność jest zgodna z rozkładem Weibulla lub uogólnionym rozkładem wykładniczym, a cechy dotyczące jakości są analizowane w kategorii cyklicznych okresów życia. W planach tych parametry dobierano tak, aby spełnić jednocześnie dane ryzyko producenta, konsumenta i osiągnąć minimalną średnią liczbę próbek do badania (Alsam et al., 2013).

W celu podjęcia decyzji, czy przyjąć lub odrzucić dany wyrób przeprowadzono analizę z zastosowaniem dwupunktowej metody pobierania próbek. Ustalono średnią żywotność w oparciu o rozkład Weibulla i Pareto, znany jako nowy rozkład Weibulla-Pareto (NWP) oraz o z góry założony czas życia. Z kolei jakość wyrobu oceniono obliczając wartości charakterystyki roboczej i minimalne stosunki średniej żywotności (Al.-Omari et al., 2015).

Dla modelu cyklu życia w skali logarytmicznej opracowano uniwersalną metodologię w celu określenia optymalnych planów próbkowania niezawodności z uwzględnieniem cenzury awarii. W modelu tym założono brak stałego prawdopodobieństwa w otrzymaniu wadliwego wyrobu w procesie produkcyjnym (Fernandez et al., 2012).

Zostały przeprowadzone analizy, w których plany pobierania próbek akceptacji zostały stworzone w warunkach Bayesa (tzw. bayesowskich), m. in:

- stworzono plan pobierania próbek w celach dokonywania analiz ekonomicznych (Lin, 1999),
- opracowano model oparty na ryzyku, w którym to decydent może wybrać plan odbioru akceptacji przy minimalnych oczekiwanych kosztach, zgodnie z jego podejściem do ryzyka (Hsien, and, Lu, 2013),
- przeanalizowane zostały bayesyowskie projekty AASP, gdzie uwzględniono ryzyko producenta i konsumenta (Li et al., 2018; Hsieh, and, Lu, 2013),
- opracowano ogólny model planu dla rozkładu wykładniczego przy uwzględnieniu funkcji straty (Chen et al., 2004).

Opracowano pojedyncze oraz podwójne plany statystycznej kontroli odbiorczej przeznaczone dla nieskończony i skończonych wielkości partii. Wykazano, że w celu osiągnięcia danych prawdopodobieństw akceptacji w przypadku skończonej wielkości partii uzyskuje się mniejsze wartości parametrów w planach próbkowania (Shahbaz, 2018). Istotnym i często poruszonym obszarem badań w przypadku statystycznej kontroli odbiorczej wykorzystywanej do oceny żywotności było przeanalizowanie ryzyka producenta (Mahdy, and, Ahmed, 2018; Chowdhury, 2016; Mahdy et al., 2018; Al.-Omari et al., 2018; Shahbaz, 2018; Al.-Omari, 2018; Lu et al., 2016), ryzyka konsumenta oraz wartości funkcji charakterystycznych dla sugerowanych planów próbkowania. Został stworzony plan pobierania próbek przy założeniu, że czas życia produktu jest zgodny z rozkładem Frecheta oraz optymalny plan pobierania próbek, w którym przy poniesieniu minimalnych kosztów całkowitych możliwe było spełnienie poziomu ryzyka dla konsumenta (Malathi, and, Muthulakshmi, 2017). Opracowano plan, gdzie w momencie uzyskania zgodności ryzyka producenta i ryzyka konsumenta z ustalonymi: punktami jakości, przyjętym czasem zakończenia badania i liczą elementów w każdej z analizowanych grup, możliwe jest określenie liczby grup i numeru akceptacji danego planu (Rao, and, Naidu, 2015). Oprócz ryzyka producenta, ryzyka konsumenta oraz wartości funkcji dla danych planów próbkowania, dokonywano analizy wpływu innych czynników na żywotność wyrobu z uwzględnieniem m. in.: różnych numerów akceptacji, poziomów ufności, wartości ustalonego czasu trwania badania, gdzie uzyskano najmniejszą próbkę, która charakteryzowała analizowaną operację i związane z nią ryzyko producenta (Mahdy, and, Ahmed, 2018).

4. Podsumowanie

Analiza wykazała znaczny wzrost liczby publikacji w ostatnich czterech latach (od 2015 do 2019 roku) dotyczących statystycznej kontroli, jak i dużą liczbę publikacji w obszarze inżynierii (w sumie 166 pozycje) dotyczącą analizowanego obszaru badań. Po przeanalizowaniu pozycji literaturowych z bazy Web of Science w latach 1900 do 2019, na podstawie 479 publikacji wywnioskowano, że statystyczna kontrola odbiorcza stanowi obszerny zakres badań odnoszący się do oceny żywotności wyrobu. Zostały opracowane różne modele albo plany statystyczne, w których dokonano analizy żywotności wyrobu na podstawie różnych rozkładów statystycznych, opracowano m. in.:

- przyspieszone plany pobierania próbek (ALSP),
- Skrócone testy żywotności,
- plany dla grupy próbek (GASP) dla skróconych testów żywotności,
- plany mieszanych próbek powtórzeń grupowych (RGS),
- pojedyncze oraz podwójne plany statystycznej kontroli odbiorczej przeznaczone dla nieskończony i skończony wielkości partii.

Przeanalizowane pozycje literaturowe i przytoczone analizy badań możliwości wykorzystania statystycznej kontroli odbiorczej do oceny żywotności wyrobu mogą stanowić przydatną bazę do podjęcia kolejnych badań naukowych w celu zwiększenia możliwości wykorzystania tej metody do oceny żywotności wyrobu.

Bibliografia

1. Al-Masri, A. (2018). Acceptance sampling plans based on truncated life tests in the inverse-Gamma model. *Electronic Journal Of Applied Statistical Analysis*, 11(2).
2. Al-Omari, A. I., Al-Nasser, A. D., Gogah, F. S. (2016). Double acceptance sampling plan for time truncated life tests based on transmuted new Weibull-Pareto distribution. *Electronic Journal Of Applied Statistical Analysis*, 9(3).
3. Al-Omari, A. I. (2016). Time truncated acceptance sampling plans for Generalized Inverse Weibull Distribution. *Journal Of Statistics & Management Systems*, 19(1).
4. Al-Omari, A. (2018). Improved acceptance sampling plans based on truncated life tests for Garima distribution. *International Journal Of System Assurance Engineering And Management*, 9(6).
5. Al-Omari, A.I., AlHadhrami, S.A (2018). Acceptance sampling plans based on truncated life tests for extended exponential distribution. *Kuwait Journal Of Science*, 45(2).
6. Al-Omari, A.I., Aslam, M., AlNasser, A.D. (2018). Acceptance sampling plans from truncated life tests using marshall-olkin esscher transformed laplace distribution, *Journal Of Reliability And Statistical Studies*, 11(1).
7. Al-Omari, AI. (2018). Acceptance Sampling Plans Based on Truncated Life Tests for Sushila Distribution. *Journal Of Mathematical And Fundamental Sciences*, 50(1).

8. Al-Omari, AI. (2018). The transmuted generalized inverse Weibull distribution in acceptance sampling plans based on life tests. *Transactions Of The Institute Of Measurement And Control*, 40(16).
9. Aslam, M., Azam, M., Lio, Y. L. et al. (2013). Two-Stage Group Acceptance Sampling Plan for Burr Type X Percentiles. *Journal Of Testing And Evaluation*, 41(4).
10. Aslam, M., Balamurali, J. CH., Rasool, M. (2013). Optimal designing of skip-lot sampling plan of type SkSP-2 with group acceptance sampling plan as reference plan under Burr type XII distribution. *Journal Of Statistical Computation And Simulation*, 81(1).
11. Aslam, M., Balamurali, S., Azam, M. et al. (2009). Skip-Lot Sampling Plan of Type SkSP-2 with Two-Stage Group Acceptance Sampling Plan as Reference Plan. *Pakistan Journal Of Statistics*, 25(2).
12. Aslam, M., Balamurali, S., Jun, C. et al. (2013). *Optimal designing of skiplot sampling plan of type SkSP-2 with group acceptance sampling plan as reference plan under Burr-type XII distribution*, "JOURNAL OF STATISTICAL COMPUTATION AND SIMULATION", 83(1).
13. Aslam, M., Balamurali, S., Jun, C. et al. (2013). Optimal Design of Skip Lot Group Acceptance Sampling Plans for the Weibull Distribution and the Generalized Exponential Distribution. *Quality Engineering*, 25(3).
14. Aslam, M., Jun, C. (2009). A group acceptance sampling plan for truncated life test having Weibull distribution. *Journal Of Applied Statistics*, 36(9).
15. Aslam, M., Jun, C. (2009). A group acceptance sampling plans for truncated life tests based on the inverse rayleigh and log-logistic distributions. *Pakistan Journal Of Statistics*, 25(2).
16. Aslam, M., Jun, C., Ahmad, M. (2013). A repetitive type of group acceptance sampling plan for assuring the percentile life. *Pakistan Journal Of Statistics*, 29(4).
17. Aslam, M., Jun, C., Ahmad, M. (2011). New acceptance sampling plans based on life tests for BirnbaumSaunders distributions. *Journal Of Statistical Computation And Simulation*", 81(4).
18. Aslam, M., Jun, C. (2010). A double acceptance sampling plan for generalized log-logistic distributions with known shape parameters. *Journal Of Applied Statistics*, 37(3).
19. Aslam, M., Kantam, R. (2008). Economic reliability acceptance sampling based on truncated life tests in the birnbaum-saunders distribution. *Pakistan Journal Of Statistics*, 24(4).
20. Aslam, M., Kundu, D., Ahmad, M. (2015). Time truncated acceptance sampling plans for generalized exponential distribution. *Electronic Journal Of Applied Statistical Analysis*, 8(1).
21. Aslam, M., Kundu, D., Jun, C. et al. (2011). Time Truncated Group Acceptance Sampling Plans for Generalized Exponential Distribution. *Journal Of Testing And Evaluation*, 39(4).
22. Aslam, M., Lio, Y. L., Jun, C. (2013). Repetitive acceptance sampling plans for burr type XII percentiles, *International Journal Of Advanced Manufacturing Technology*, 68(1-4).
23. Aslam, M., Mughal, A. R., Ahmad, M. et al. (2010). Group Acceptance Sampling Plans for Pareto Distribution of the Second Kind. *Journal Of Testing And Evaluation*, 38(2).

24. Aslam, M., Mughal, A. R., Ahmad, M. et al. (2010). Group Acceptance Sampling Plans for Pareto Distribution of the Second Kind. *Journal Of Testing And Evaluation*, 38(2).
25. Aslam, M., Niaki, A., Rasool, M. et al. (2012). Decision rule of repetitive acceptance sampling plans assuring percentile life, *Scientia Iranica*, 19(3).
26. Aslam, M., Niaki, S. T. A., Rasool, M. et al. (2012). Decision rule of repetitive acceptance sampling plans assuring percentile life. *Scientia Iranica*, 19(3).
27. Baklizi, A., El, Masri A.E. (2004). Acceptance sampling based on truncated life tests in the Birnbaum Saunders model. *Risk Analysis*, 24(6).
28. Balakrishnan, N., Leiva, V., Lopez, J. (2007). Acceptance sampling plans from truncated life tests based on the generalized Birnbaum-Saunders distribution. *Communications In Statistics-Simulation And Computation*, 36(3).
29. Balamurali, S. (2017). A new mixed chain sampling plan based on the process capability index for product acceptance. *Communications In Statistics-Simulation And Computation*, 46(7).
30. Bhattacharya, R., Pradhan, B., Dewanji, A. (2015). Computation of optimum reliability acceptance sampling plans in presence of hybrid censoring. *Computational Statistics & Data Analysis*, 83.
31. Butt, K. A., Aslam, M., Wang, F. K. et al. (2018). *Evaluation of Two Process Yields in Acceptance Sampling Plans*, *Journal Of Testing And Evaluation*, 46(2).
32. Cha, J. H. (2015). Variables acceptance reliability sampling plan for repairable items. *Statistics*, 49(5).
33. Cha, J.H. (2016). Analysis of reliability characteristics in the acceptance sampling tests. *Journal Of Applied Statistics*, 43(10).
34. Chen, D.Y., Li, X.Y. (2017). Accelerated Acceptance Sampling Plan with Asymmetrical Information, Conference: 2nd International Conference on System Reliability and Safety (ICSRs), Milan, ITALY, DEC 20-22.
35. Chen, J.W., Chou, W.L., Wu, H.L. et al. (2004). Designing acceptance sampling schemes for life testing with mixed censoring. *Naval Research Logistics*, 51(4).
36. Chen, J.W., Choy, S.T.B., Li, K.H. (2004). Optimal Bayesian sampling acceptance plan with random censoring. *European Journal Of Operational Research*, 155(3).
37. Chowdhury, S., *Acceptance Sampling Plans Based on Truncated Life Test for the Generalized Weibull Model*, Conference: IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM) Location: Bali, INDONESIA, DEC 04-07, 2016.
38. Chung, S.W., Seo, Y.S., Yun, W.Y., *Acceptance sampling plans based on failure-censored step-stress accelerated tests for Weibull distributions*, Conference: Asian International Workshop on Advanced Reliability Modeling Location: Hiroshima, JAPAN, AUG 26-27, 2004.
39. Dobbah, S. A., Aslam, M. Khan, K. (2018). Design of a New Synthetic Acceptance Sampling Plan. *Symmetry-Basel*, 10(11).
40. Dobbah, S. A., Aslam, M. Khan, K. (2018). Design of a New Synthetic Acceptance Sampling Plan. *Symmetry-Basel* 10(11).
41. Fernandez, A. J., Perez-Gonzalez, C. J. (2012). Optimal acceptance sampling plans for log-location-scale lifetime models using average risks. *Computational Statistics & Data Analysis*, 56(3).

42. Gao, P.F., Li, X.Y., *Acceptance Sampling Plan of Accelerated Life Testing for Exponential Distribution under Time-Censoring*, 60th Annual Reliability and Maintainability Symposium (RAMS), Colorado Springs, CO, 2014.
43. Gogah, F., AlNasser, D. (2018). Median ranked acceptance sampling plans for exponential distribution. *Afrika Matematika*, 29(3-4).
44. Gui, W., Aslam, M. (2017). Acceptance sampling plans based on truncated life tests for weighted exponential distribution. *Communications In Statistics-Simulation And Computation*, 46(3).
45. Gui, W., Xu, M. (2015). Double acceptance sampling plan based on truncated life tests for half exponential power distribution. *Statistical Methodology*, 27.
46. Gupta, S.S., Groll, P.A. (2018). Gamma distribution in acceptance sampling based on life tests. *Electronic Journal Of Applied Statistical Analysis*, 11(2).
47. Hsieh, C., Lu, Y.T. (2013). Risk-embedded Bayesian acceptance sampling plans via conditional value-at-risk with Type II censoring. *Computers & Industrial Engineering*, 65(4).
48. Hsieh, C-C., Lu, Y-T. (2013). Risk-embedded Bayesian acceptance sampling plans via conditional value-at-risk with Type II censoring. *Computers & Industrial Engineering*, 65(4).
49. Hu, M., Gui, W.H. (2018). Acceptance sampling plans based on truncated life tests for Burr type X distribution. *Journal Of Statistics & Management Systems*, 21(3).
50. Khan, M. A., Islam, H. M. (2013). Acceptance sampling reliability test plans for alpha distributed lifetime. *Brazilian Journal Of Probability And Statistics*, 27(4).
51. Kim, M., Yum, B-J. (2009). Reliability acceptance sampling plans for the Weibull distribution under accelerated Type-I censoring. *Journal Of Applied Statistics*, 36(1).
52. Li, X., Chen, W., Sun, F. et al. (2018). Bayesian accelerated acceptance sampling plans for a lognormal lifetime distribution under Type-I censoring. *Reliability Engineering & System Safety*, 171.
53. Li, X., Sun, F. (2015). Acceptance sampling plan of accelerated life testing for lognormal distribution under time-censoring. *Chinese Journal Of Aeronautics*, (28)3.
54. Lin, D. M. (1999). A Bayesian life test acceptance - Sampling plan by variables with cost considerations. *Communications In Statistics-Simulation And Computation*, 28(4).
55. Lu, W.B., Xu, H.Z., Zuo, L.Y., *Acceptance Sampling Plans Based on Truncated Life Tests for LOG-EIG Distribution*, Conference: IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), Bali, INDONESIA, DEC 04-07, 2016.
56. Mahdy, M., Ahmed, B. (2018). New Distributions in Designing of Double Acceptance Sampling Plan with Application. *Pakistan Journal Of Statistics And Operation Research*, 14(2).
57. Mahdy, M., Aslam, M., Ahmed, B. et al. (2018). Some Distributions in Single Acceptance Sampling Plan with Application, *Quality-Access To Success*, 19(162).
58. Malathi, D., Muthulakshmi, S. (2017). Economic design of acceptance sampling plans for truncated life test using Frechet distribution. *Journal Of Applied Statistics*, 44(2).
59. Malathi, D., Muthulakshmi, S. (2017). Economic design of acceptance sampling plans for truncated life test using Frechet distribution. *Journal Of Applied Statistics*, 44(2).
60. Owen, D. B. (1969). Summary Of Recent Work On Variables Acceptance Sampling With Emphasis On Non-Normality. *TECHNOMETRICS*, 11(4).
61. Perez-Gonzalez, C. J., Fernandez, A. J. (2013). Classical versus Bayesian risks in acceptance sampling: a sensitivity analysis. *Computational Statistics*, 28(3).

62. PN-EN ISO 9000:2015-10 Systemy zarządzania jakością - Podstawy i terminologia.
63. PN-ISO 2859-1:2003. Procedury kontroli wrywkowej metodą alternatywną - Część 1: Schematy kontroli indeksowane na podstawie granicy akceptowanej jakości (AQL) stosowane do kontroli partii za partią.
64. Rao, G. S. (2013). Acceptance sampling plans from truncated life tests based on the Marshall-Olkin extended exponential distribution for percentiles. *Brazilian Journal Of Probability And Statistics*, 27(2).
65. Rao, G. S., Naidu, Ch. R. (2015). An Exponentiated Half Logistic Distribution to Develop a Group Acceptance Sampling Plans with Truncated Time. *Journal Of Statistics & Management Systems*, 18(6).
66. Rao, G. S., Naidu, Ch. R. (2016). Group acceptance sampling plans for resubmitted lots under exponentiated half logistic distribution. *Journal Of Industrial And Production Engineering*, 33(2).
67. Rosaiah, K., Gadde, S.R., Kalyani, K., Sivakumar, D.C.U. (2017). Group acceptance sampling plan for resubmitted lots based on life tests for odds exponential log logistic distribution. *International Journal Of Quality & Reliability Management*, 34(8).
68. Saminathan, B., Mahalingam, U. (2018). A new mixed repetitive group sampling plan based on the process capability index for product acceptance. *International Journal Of Quality & Reliability Management*, 35(2).
69. Shahbaz, S.H. (2018). Acceptance Sampling Plans for Finite and Infinite Lot Size under Power Lindley Distribution. *Symmetry-Basel*, 10(10).
70. Suresh, K. K., Xavier, K. V. (2016). Designing of generalized two plan system with reference sampling plan involving probability of acceptance. *Journal Of Information & Optimization Sciences*, 37(6).
71. Suresh, R.P., Ramanathan, T.V. (1997). Acceptance sampling plans by variables for a class of symmetric distributions. *Communications In Statistics-Simulation And Computation*, 26(4).
72. Szkoda, J. (2003). Wykorzystanie kart kontrolnych Shewharta do diagnozowania stanów statystycznego uregulowania procesów produkcyjnych. *DIAGNOSTYKA*, 28.
73. Tsai, T.R., Wu, S-J. (2006). Acceptance sampling based on truncated life tests for generalized Rayleigh distribution. *Journal Of Applied Statistics*, 33(6).
74. Wanbo, L. (2011). Acceptance Sampling Plans Based On Truncated Life Tests For Maxwell Distribution. *Pakistan Journal Of Statistics*, 27(2).
75. Zain, Z., Mughal, A.R., Aziz, N. (2015). *Generalized Group Chain Acceptance Sampling Plan*, Conference: 2nd Innovation and Analytics Conference and Exhibition (IACE), Alor Setar, MALAYSIA, SEP 29-OCT 01.