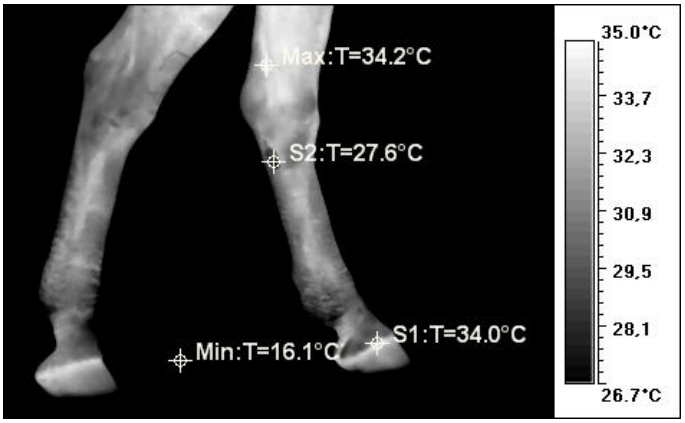
Dzięki termografii można przyżyciowo oceniać zwierzęta rzeźne oraz ich mięso po uboju, wpływ transportu na jakość mięsa czy efektywność wykorzystania paszy [11, 13, 14]. Oprócz tego termowizję wykorzystuje się do badania termoregulacji zwierząt hodowlanych oraz ich reakcji na zabiegi hodowlane, np. znakowanie bydła [11].

Podsumowanie i wnioski

Obszerna literatura z zakresu zastosowań termowizji wskazuje na jej uniwersalność w badaniach dotyczących zwierząt gospodarskich. Pomimo ograniczeń, jakie niesie ze sobą, wraz z doskonaleniem metod pomiarowych i sprzętu można się spodziewać, że znajdzie się w powszechnym użyciu, także w praktyce hodowlanej, polepszając dobrostan zwierząt, a tym samym wskaźniki produkcyjne.



T – temperatura, Max – maksymalna; Min – minimalna; S1 – temperatura w punkcie S1 (koronka kopyta); S2 – temperatura w punkcie S2 (zabrudzenie)

Fot. Termogram kończyn tylnych konia

Literatura: 1. Arruda T.Z., Brass K.E., De La Corte F.D., 2011 – J. Equine Vet. Sci. 31, 625-629. **2. Berry R.J., Kennedy A.D., Scott S.L., Kyle B.L., Schaefer A.L.,** 2003 – Can. J. Anim. Sci. 83, 687-693. **3. Bowers S., Gandy S., Anderson B., Ryan P., Willard S.**, 2009 – Theriogenology 72, 372-377. **4. Dunbar M.R., Johnson S.R., Ryan J.C., McCollum M.**, 2009 – J. Zoo and Wildlife Medicine 40(2), 296-301. **5. Eddy A.L., Van Hoogmoed L.M., Snyder J.R.**, 2001 – The Veterinary Journal 162, 172-181. **6. Hellebrand H.J., Brehme U., Beuche H., Stollberg U., Jacobs H.**, 2003 – Proc. 1st European Conference on Precision Livestock Farming, Berlin, Germany; 761--763. **7. Hurnik J.F., Webster A.B., DeBoer S**., 1985 – J. Anim. Sci. 61(5), 1095-1102. **8. Jodkowska E.**, 2005 – Zeszyty Nauk. AR Wroc. Zootech. 511, 1-114. **9. Kastelic J.P., Cook R.B., Coulter G.H, Saacke R.G**., 1996 – Theriogenology 46, 889-892. **10. Kastelic J.P., Cook R.B., Coulter G.H., Wallins G.L., Entz T.**, 1996 – Anim. Reprod. Sci. 41, 153-159. **11. Knizkova I., Kunc P., Gurdil G.A.K., Pinar Y., Selvi K.C.**, 2007 – J. of Fact. of Agric., OMU, 22(3), 329-336. **12. Kunc P., Knizkova I., Prikryl M., Maloun J.**, 2007 – Agricultura tropica et subtropica 40(1), 29-32. **13. Mazur D., Herbut E., Walczak J.**, 2006 – Rocz. Nauk. Zoot., T.33, z. 2, 171-181. **14. Montanholi Y.R., Swanson K.C., Schenkel F.S., McBride B.W., Caldwell T.R., Miller S.P.**, 2009 – Livestock Science 125, 22-30. **15. Nikkhah A., Plaizier J.C., Einarson M.S., Berry R.J., Scott S.L., Kennedy A.D.,** 2005 – J. Dairy Sci. 88, 2749-2753. **16. Schaefer A.L., Cook N.J., Church J.S., Basarab J., Perry B., Miller C., Tong A.K.W.**, 2007 – Research in Veterinary Science 83, 376-384. **17. Schaefer A.L., Cook N., Tessaro S.V., Deregt D., Desroches G., Dubeski P.L, Tong A.K.W., Godson D.L.**, 2003 – Can. J. Anim. Sci. 84, 73-80. **18. Scolari S.C., Clark S.G., Knox R.V., Tamassia M.A.**, 2011 – J. Swine Health Prod. 9(3), 151-155. **19. Stewart M., Webster J.R., Schaefer A.L., Cook N.J., Scott S.L.**, 2005 – Animal Welfare 14, 319-325. **20. Stewart M., Webster J.R., Verkerk G.A., Schaefer A.L., Colyn J.J., Stafford K.J.**, 2007 – Physiology & Behavior 92, 520-525. **21. Turner T.A.**, 1998 – AAEP Proceedings Vol. 44, 224-226. **22. Vadlejch J., Knizkova I., Makovcova K., Kunc P., Jankovska I., Janda K., Borkovcova M., Langrova I.**, 2010 – Veterinary Parasitology 171, 343-345. **23. Van Hoogmoed L.M., Snyder J.R.**, 2002 – The Veterinary Journal 164, 129-141.

Analiza przeżycia w badaniach zootechnicznych

Magdalena Sobczyńska

Instytut Genetyki i Hodowli Zwierząt PAN w Jastrzębcu

Analiza przeżycia jest zbiorem różnych procedur statystycznych i technik analitycznych danych, które dotyczą czasu upływającego od momentu początkowego aż do wystąpienia zdarzenia rozumianego jako moment końcowy. Czas ten nazywany jest czasem przeżycia. Z matematycznego punktu widzenia opiera się ona na teorii rachunku prawdopodobieństwa (rozkłady zmiennych, asymptotyka), statystyki (własności estymatorów) oraz optymalizacji (metody iteracyjne optymalizacji funkcji). Głównym celem analizy przeżycia jest modelowanie rozkładu czasu przeżycia na podstawie próby, porównywanie rozkładów dla dwóch lub więcej grup (populacji), badanie zależności różnych zmiennych z czasami przeżycia, a także predykcja, czyli przewidywanie przyszłych zdarzeń w sensie czasu trwania życia.

Początki analizy przeżycia sięgają XVIII wieku, kiedy tworzono już tablice wymieralności na potrzeby badań demograficznych i w kalkulacjach ubezpieczeniowych (badania aktuarialne). W czasie drugiej wojny światowej stymulacją do dynamicznego rozwoju metod analizy przeżycia było zainteresowanie szybkością zużywania się sprzętu wojskowego podczas działań wojennych. Przełomem w dziedzinie analizy przeżycia było ukazanie się w 1958 roku na łamach „Journal of American Statistical Association" publikacji Kaplana i Meiera, którzy jako pierwsi zaproponowali znany obecnie powszechnie estymator krzywej przeżycia. Kolejnym ważnym krokiem w analizie tego typu danych było wprowadzenie w 1972 roku przez Davida Coxa modelu proporcjonalnego hazardu, za pomocą którego można wyizolować poszczególne zmienne objaśniające, mające wpływ na długość trwania życia oraz oszacować ryzyko względne, oznaczające stosunek wartości ryzyka dla jednej grupy (lub osobnika należącego do tej grupy) do wartości ryzyka dla innej grupy (lub osobnika). Obecnie techniki analizy przeżycia znalazły zastosowanie w wielu dziedzinach nauki, przede wszystkim w naukach biologicznych i medycznych, ale także społecznych, politycznych, socjologicznych, ekonomicznych i inżynieryjnych. Bez względu na dziedzinę, przedmiotem zainteresowania analizy przeżycia jest zmienna opisana czasem pojawiania się określonego zdarzenia. Przykładem takich zmiennych może być zarówno czas edukacji szkolnej (w badaniach społecznych), zatrudnienie (w badaniach ekonomicznych), usterkowość urządzeń (w badaniach inżynieryjnych), czy długość życia osobnika (w badaniach biologicznych i medycznych). Famula był pierwszym autorem, który zaproponował analizę przeżycia jako statystyczną metodę analizy długości życia produkcyjnego krów mlecznych. Smith oraz Quaas zastosowali techniki analizy przeżycia do oceny wartości hodowlanej buhajów na podstawie długości życia ich córek, natomiast Ducrocq oraz Sölkner stworzyli pakiet statystyczny, który pozwala na dużą skalę analizować dane dotyczące długowieczności zwierząt przy uwzględnieniu zależności genetycznych między osobnikami.

Biologia i inne nauki przyrodnicze, w tym zootechniczne i weterynaryjne, stosują metody analizy przeżycia zarówno w badaniach zwierząt gospodarskich, jak i populacjach zwierząt dziko żyjących. W przypadku zwierząt gospodarskich głównym przedmiotem zainteresowania jest szeroko pojęta cecha długowieczności. Długowieczność zdefiniowana jest najczęściej długością użytkowania zwierzęcia (tzw. długość życia produkcyjnego) wyrażoną liczbą dni od pierwszej do ostatniej laktacji (czy od pierwszego do ostatniego oprosienia w przypadku loch), przeżyciem do określonego wieku lub kolejnej laktacji (oprosienia), długością życia od urodzenia do wybrakowania lub śmierci. Długowieczność może być także wyrażona pośrednio, jako: ilość kilogramów mleka (liczba cieląt, prosiąt) wyprodukowanego przez zwierzę, średnia liczba laktacji (miotów) przypadających na zwierzę w stadzie lub zwierzę wybrakowane, czy też odsetek młodych osobników w stadzie przed wejściem do cyklu produkcyjnego. W analizach przeżycia dotyczących różnych gatunków zwierząt gospodarskich najczęściej wykorzystywana jest długość życia produkcyjnego. Gdy informacja o dacie wybrakowania, ostatniego pokrycia czy wycielenia nie jest dostępna, pomiarem długowieczności, który usuwa problem obserwacji niekompletnych jest przeżywalność. Przeżywalność modeluje prawdopodobieństwo dożycia do określonego czasu w życiu zwierzęcia, najczęściej laktacji lub wycielenia. W przypadku zwierząt dziko żyjących analiza przeżycia wykorzystuje informacje o procesie wymierania populacji zwierzęcych do konstruowania dla nich tablic wymieralności, w celu określenia przyszłej liczebności populacji, ustalenia sezonów łowieckich czy wielkości odstrzału. Pozwala również na modelowanie wzorców przeżycia według wieku populacji różnych gatunków oraz badanie wpływu różnych czynników na te wzorce. Badania te nabierają szczególnego znaczenia obecnie, w dobie istnienia małych, zagrożonych wymarciem populacji czy populacji objętych ochroną zasobów genetycznych. Przedmiotem zastosowania analizy przeżycia mogą być również badania skuteczności leczenia zwierząt, czasu utrzymywania się pewnych symptomów choroby po zakończeniu leczenia, czy badania epidemiologiczne.

Analiza przeżycia nie podlega standardowym procedurom analizy danych i dlatego stanowi odrębny zbiór procedur statystycznych. Najważniejszą tego przyczyną jest fakt, że dane dotyczące czasu trwania jakiegoś procesu mają przeważnie rozkład niesymetryczny, głównie o skośności dodatniej. W efekcie nie można przyjąć, jak często czyni się w analizie statystycznej, założenia o normalności rozkładu, co znacznie ogranicza zastosowanie pewnych procedur. Drugą cechą charakteryzującą czas przeżycia jest występowanie tzw. obserwacji uciętych (inaczej cenzurowanych). Są to obserwacje, których nie da się doprowadzić do końca, ponieważ proces trwa zbyt długo, jak na możliwości badawcze (np. zakończenie eksperymentu), lub po pewnym czasie jakieś obserwacje mogą się okazać niedostępne (np. sprzedaż zwierzęcia). Obserwacje, o których tracimy informacje po prawej stronie przedziału czasowego nazywamy uciętymi prawostronnie. Cenzurowanie lewostronne ma miejsce wtedy, gdy wiemy, że dane zdarzenie zaobserwowano wcześniej, lecz nie wiemy dokładnie kiedy (np. nieznana jest data urodzenia zwierzęcia czy czas pojawienia się w stadzie). W cenzurowaniu przedziałowym wiadomo, że zdarzenie miało miejsce w jakimś przedziale czasowym, jest on jednak bliżej nieznany. Dane zawierające obserwacje ucięte nie mogą być analizowane tylko na podstawie danych pełnych, ponieważ, pomijając inne przyczyny, długo żyjące osobniki częściej należą do grupy obserwacji uciętych. Metody analizy muszą więc brać pod uwagę występowanie obserwacji uciętych i właściwie traktować oba rodzaje informacji. Inną ważną cechą charakterystyczną analizy przeżycia jest brak obserwacji ujemnych. Analiza przeżycia bazuje na modelach regresji, lecz ze względu na występowanie obserwacji uciętych i rozkład odbiegający od normalnego, zamiast analizy wariancji stosowanej w zwykłej analizie regresji, wykorzystuje funkcję największej wiarygodności.

Kluczowymi pojęciami w analizie przeżycia są: funkcja przeżycia (S(t)); funkcja intensywności procesu, zwana potocznie funkcją hazardu (h(t)); funkcja gęstości prawdopodobieństwa (f(t)) oraz dystrybuanta (F(t)).

Funkcja przeżycia określa prawdopodobieństwo, że zwierzę będzie żyło dłużej niż określony czas *t*. Czas ten może oznaczać kolejną laktację, kolejne oprosienie czy długość życia mierzoną w latach, miesiącach lub dniach. W praktyce oznacza to prawdopodobieństwo, że przed upływem czasu *t* zwierzę nie zostanie wybrakowane.

Dystrybuanta jest funkcją niemalejącą i oznacza prawdopodobieństwo, że zwierzę nie dożyje czasu *t*, czyli zostanie do tego czasu wybrakowane.

Funkcja gęstości prawdopodobieństwa jest funkcją, która oznacza prawdopodobieństwo, że zwierzę zostanie wybrakowane w czasie *t*.

Funkcja hazardu, przeciwnie do funkcji przeżycia, skupia się na pojawieniu niekorzystnego zdarzenia i oznacza warunkową gęstość czasu wybrakowania zwierzęcia pod warunkiem dożycia do czasu *t*. Funkcja hazardu opisuje w jaki sposób ryzyko wybrakowania zmienia się w czasie.

Danych do analizy przeżycia dostarczają specjalnie projektowane badania empiryczne: tzw. badania kohortowe (wzdłużne) oraz badania przekrojowe (poprzeczne). Badania przekrojowe są typowe dla zagadnień społecznych i demograficznych, umożliwiają uwzględnienie warunków, które zmieniają się pod wpływem czynników ekonomicznych, klimatycznych, w pewnym okresie czasu oraz dotyczą wielu grup osobników mogących podlegać migracji. W badaniach kohortowych, stosowanych przeważnie w badaniach biologicznych, obserwacji podlega grupa osób lub zwierząt, które zaistniały w określonym sensie w tym samym czasie. Grupa ta, zwana kohortą, tworzy jednorodną grupę obiektów i poddawana jest obserwacji, która rozciągnięta jest w czasie i dotyczy nieraz różnych, zmieniających się warunków. Do szacowania modelu przeżycia wykorzystuje się dane dotyczące tylko jednej kohorty. W badaniach długowieczności zwierząt zastosowanie znajdują przeważnie badania kohortowe, a jednorodną grupę osobników mogą stanowić zwierzęta, które urodziły się w tym samym roku, pochodzą po danym rozpłodniku czy charakteryzują się określonymi parametrami, np. wydajnością, wykorzystaniem paszy czy cechami budowy. Oznacza to, że pojęcia „tego samego czasu" nie należy traktować dosłownie, lecz jako pewien okres, w którym każdemu zwierzęciu w chwili pojawienia się w badaniu przypisuje się wartość czasu trwania równą 0, bez względu na faktyczny kalendarzowy czas tego momentu. Badanie kohortowe jest prostym badaniem obserwacyjnym, ponieważ śledzimy wszystkie zwierzęta tworzące kohortę i rejestrujemy zdarzenia powodujące, że osobniki ją opuszczają. Obserwacja długości przebywania w stadzie czy liczby określonych wydajności zwierząt jest rozciągnięta w czasie i może obejmować różne zmieniające się w czasie warunki. Stanowi to naruszenie wymagania jednolitości warunków, wymagania, które jest ważne dla badania przebiegu wielu procesów. Zmiana warunków w jakich przebywają zwierzęta może spowodować wydłużenie lub skrócenie długości życia czy przebywania w stadzie. Przykładem takiej zmiany warunków może być zmiana wyposażenia chlewni sprzyjająca poprawie dobrostanu zwierząt, wprowadzenie skuteczniejszych leków skracających okres choroby czy pogorszenie się warunków ekonomicznych sprzyjających produkcji zwierzęcej określonego typu. Niektóre procedury statystyczne mają możliwość wprowadzenia do analizy zmiennych zależnych od czasu. Są to czynniki ryzyka, które podlegają modyfikacji z czasem i w praktyce oznaczają interakcję między czynnikiem modyfikującym a zmienną objaśniającą. Sytuacja

staje się bardziej skomplikowana, gdy czynnikiem modyfikującym jest sam czas. Ryzyko wybrakowania zwierzęcia jest zazwyczaj większe po pierwszej laktacji czy pierwszym oprosieniu niż w kolejnych, ponieważ w tym okresie następuje ostra selekcja eliminująca osobniki nieprzystosowane do wysokiej produkcji. Na przykład ilość nieskutecznych zabiegów inseminacji lochy przy pierwszym kryciu zwiększa ryzyko wybrakowania w większym stopniu niż przy kolejnych oprosieniach. Dlatego często przeprowadza się tak zwane analizy warstwowe, badając czynniki ryzyka oddzielnie w grupach, w których stosunek hazardu dla każdych dwóch zwierząt zmienia się w czasie.

Jak wspomniano na początku, jednym z celów analizy przeżycia jest estymacja funkcji przeżycia. Rozkład tej zmiennej losowej zależy od warunków w jakich ją badamy, populacji oraz od sposobu wyrażania tej cechy. Z tych względów nie możemy określić jednego, teoretycznego rozkładu długowieczności, który byłby właściwy dla wielu empirycznych rozkładów czasu trwania. Jest to powód, dla którego często szacuje się funkcje modeli przeżycia w sposób nieparametryczny. W przypadku modelu nieparametrycznego nie znamy postaci funkcji gęstości i zależności hazardu od czasu, nie możemy więc uwzględniać zmiennych objaśniających, a co najwyżej przeprowadzić analizę w warstwach wyznaczanych przez wartości zmiennych. Gdy posiadamy dodatkowe informacje o przebiegu funkcji przeżycia, jest to sytuacja bardzo korzystna dla potrzeb analizy, pozwala bowiem na prognozowanie przy użyciu dopasowanego rozkładu. Takie modele, dla których znamy postać funkcji gęstości czy hazardu nazywamy parametrycznymi. Istnieje wiele rozkładów teoretycznych, które znalazły zastosowanie w analizie przeżycia. Do ważniejszych z nich należą: rozkład wykładniczy, log-normalny, log-logistyczny, gamma oraz Weibulla. Ten ostatni jest szczególnie przydatny i często stosowany w badaniach biologicznych. Cechą funkcji gęstości prawdopodobieństwa rozkładu Weibulla jest brak charakterystycznego kształtu. Przez dobór wartości dwóch parametrów: skali i kształtu, które określają „wygląd" funkcji gęstości możemy uzyskać dużą zgodność teoretycznych wartości rozkładu z danymi eksperymentalnymi. Parametr kształtu decyduje o asymetrii i spłaszczeniu rozkładu oraz określa zachowanie prawdopodobieństwa w czasie: prawdopodobieństwo to może być w czasie stałe, co sugeruje losowość wypadania osobników z populacji, może maleć z czasem, co może sugerować złe warunki wychowu młodych zwierząt w populacji lub istnienie u nich pewnych defektów powodujących ich wyższą śmiertelność lub z czasem rosnąć, gdy główną przyczyną wypadania osobników jest ich brakowanie z wiekiem, np. z powodu spadku wydajności. Parametr skali zależy od jednostek w jakich wyrażana jest zmienna i można go zinterpretować jako czas, po którym z populacji wypada 1-1/e ≈ 63% osobników. Określenie rodzaju rozkładu jest bardzo ważne, ponieważ gdy założony rozkład nie jest prawdziwy, całe wnioskowanie statystyczne będzie fałszywe. Sprawdzenie dopasowania funkcji przeprowadza się często za pomocą wykresu prawdopodobieństwa. Trudność jaka występuje w interpretacji wykresu polega na założeniu, że próba pochodzi z populacji homogenicznej, co sugeruje, że żadne zmienne towarzyszące nie są związane z czasem przeżycia. W praktyce oznacza to, że model, który dobrze wygląda na wykresie nie będzie poprawny, gdy weźmie się pod uwagę regresory. Podobnie model, który zostanie odrzucony na podstawie wykresu może być całkiem dobry, gdy te regresory zostaną uwzględnione. Jak zwykle w takich przypadkach, metodą umożliwiającą sprawdzenie dopasowania funkcji jest analiza reszt: Coxa-Snella, martyngałowych lub Schoenfelda, które na różne sposoby radzą sobie z brakiem informacji wynikającym z cenzurowania danych. W analizie przeżycia w naukach biologicznych stosuje się najczęściej modele semiparametryczne, do których można zaliczyć wspomniany na początku model Coxa. W modelu tym występuje tzw. hazard bazowy (hazard dla danego osobnika, gdy wszystkie wartości zmiennych objaśniających są równe zero), który jest parametrycznie niewyspecyfikowany oraz hazard zależny od zmiennych objaśniających, który jest opisany modelem regresji liniowej, a więc jest parametrycznie wyspecyfikowany.

Wybór definicji cechy długowieczności i jej dobre zrozumienie ma istotne znaczenie dla skuteczności selekcji i zależy od typu badań i celu, jakiemu te badania mają służyć. Nie wszystkie modele można zastosować do analizy długowieczności wyrażonej za pomocą różnych zmiennych. Na przykład długość życia produkcyjnego loch można przedstawić liczbą dni od pierwszego do ostatniego wyprosienia (zmienna ciągła) lub liczbą wyprosień w życiu lochy (zmienna skokowa). Podczas życia produkcyjnego samic okres między odsadzeniem młodych a skutecznym pokryciem stanowi tzw. okres nieprodukcyjny, który powinien być skrócony do optymalnego minimum, aby otrzymać maksymalną liczbę cykli reprodukcyjnych. Gdy używa się zwykłego pomiaru długości życia nie jest możliwe rozróżnienie między dniami produkcyjnymi i nieprodukcyjnymi, co może prowadzić do obciążonych szacunków wartości hodowlanych. Z tej przyczyny długość życia produkcyjnego samic lepiej jest wyrażać jako liczbę porodów (wycieleń, miotów czy laktacji). Takie podejście wymaga jednak przeskalowania zmiennej z ciągłej na skokową, co ogranicza zastosowanie niektórych modeli w analizie przeżycia.

Stosowanie analizy przeżycia w hodowli zwierząt przez wiele lat było ograniczone, ze względu na operowanie bardzo dużymi zbiorami danych oraz obecność czynników losowych, których analiza jest w znacznym stopniu bardziej rozwinięta w modelach liniowych. Pojęcie „frailty models", czyli modeli ze zmiennymi losowymi w analizie przeżycia zostało wprowadzone po raz pierwszy przez Vaupela i wsp. w 1979 roku. Modele ze zmiennymi losowymi są rozszerzeniem modelu proporcjonalnego hazardu Coxa, przy założeniu multiplikatywnego oddziaływania tych zmiennych na hazard odniesienia. Wybór rozkładu czynników losowych jest ważnym problemem. Zazwyczaj przyjmuje się, że czynniki losowe mają rozkład log-gamma lub normalny. W przypadku, gdy struktura kowariancji między zwierzętami jest opisana w macierzy spokrewnień – z czym mamy do czynienia w hodowli zwierząt – mogą mieć również rozkład normalny wielowymiarowy. Na potrzeby hodowli zwierząt został opracowany przez Ducrocqa i wsp. pakiet statystyczny "Survival Kit", który pozwala analizować dane dotyczące długowieczności zwierząt przy uwzględnieniu zależności genetycznych między osobnikami. Modele analizowane przez „Survival Kit" należą do klasy modeli proporcjonalnego hazardu, gdzie czas przeżycia może być zmienną ciągłą lub skokową. Pakiet umożliwia szacowanie parametrów dla czynników stałych i losowych, których może być wiele, porównywanie różnych modeli za pomocą testu ilorazu wiarygodności, przewidywanie czasów przeżycia przy różnych kombinacjach zmiennych objaśniających, szacowanie asymptotycznych błędów standardowych, a także analizę reszt. Oba rodzaje zmiennych (stałe i losowe) mogą być zmiennymi zależnymi od czasu, a dane można analizować w wielu warstwach (analiza warstwowa). "Survival Kit" daje duże możliwości analizy danych i często jest stosowany w badaniach czasu przeżycia, głównie w populacjach krów mlecznych i loch.

W Instytucie Genetyki i Hodowli Zwierząt PAN od niedawna prowadzone są badania mające na celu ocenę możliwości selekcji świń ras matecznych w kierunku długowieczności przez oszacowanie współczynników odziedziczalności tej cechy, korelacji między długowiecznością a innymi cechami ważnymi z ekonomicznego punktu widzenia, określenie wpływu różnych czynników na długość użytkowania zwierząt oraz wskazanie potencjalnych najlepszych prognostyków długowieczności.