



III Międzynarodowa Konferencja Naukowa

Systemy Wspomagania w Zarządzaniu Środowiskiem

Słowacja, Demianowska Dolina 2006

Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstwa nr 7/2006

Mgr inż. Leszek CHYBOWSKI

Dr hab. inż. Zbigniew MATUSZAK, prof. AM

Akademia Morska w Szczecinie

Wydział Mechaniczny

Instytut Technicznej Eksploatacji Siłowni Okrętowych

ul. Wały Chrobrego 1-2, 70-500 Szczecin, Polska

tel.: +48 (0) 91 4809412, +48 (0) 91 4809414

e-mail: lchybowski@am.szczecin.pl, zbimat@am.szczecin.pl

WYBRANE PROGRAMY WSPOMAGAJĄCE ANALIZĘ GOTOWOŚCI, NIEZAWODNOŚCI, OBSŁUGIWALNOŚCI I BEZPIECZEŃSTWA EKSPLOATACYJNEGO ZŁOŻONYCH SYSTEMÓW TECHNICZNYCH

Streszczenie: W materiale przedstawiono najważniejsze możliwości profesjonalnych pakietów programowych do wspomaganie analizy gotowości, niezawodności, obsługiwalności i bezpieczeństwa eksploatacyjnego złożonych systemów technicznych. Scharakteryzowano wybrane oprogramowanie firm Isograph Ltd., Item Software, Relex Software, ReliaSoft oraz Sydvest Software. Autorzy zaprezentowali także najważniejsze cechy poszczególnych programów.

SELECTED SOFTWARE SUPPORTING THE AVAILABILITY, RELIABILITY, MAINTAINABILITY AND OPERATIONAL SAFETY MULTIPURPOSE ANALYSIS OF COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS

Summary: Most important features of recognized professional software packages for computer aided availability, reliability, maintainability and operational safety analysis of complex technical systems are presented in the paper. Selected programs of Isograph Ltd., Item Software, Relex Software, ReliaSoft oraz Sydvest Software companies are described. The main features of individual programs, from the authors' viewpoint, are pointed out.

1. Wprowadzenie

W dobie konieczności prowadzenia ilościowych i jakościowych analiz niezawodności, gotowości, obsługiwalności oraz bezpieczeństwa wysoce złożonych systemów technicznych często o zmiennej strukturze funkcjonalnej i niezawodnościowej, koniecznym staje się wykorzystanie komputerowych narzędzi wspomagających te procesy. Pozwala to na znaczne skrócenie analiz zarówno w fazie modelowania jak i prowadzenia obliczeń. Programy komputerowe wspierające te analizy znajdują zastosowanie zwłaszcza dla systemów technicznych zbudowanych z złożonych modeli opisujących elementy lub grupy elementów systemu.

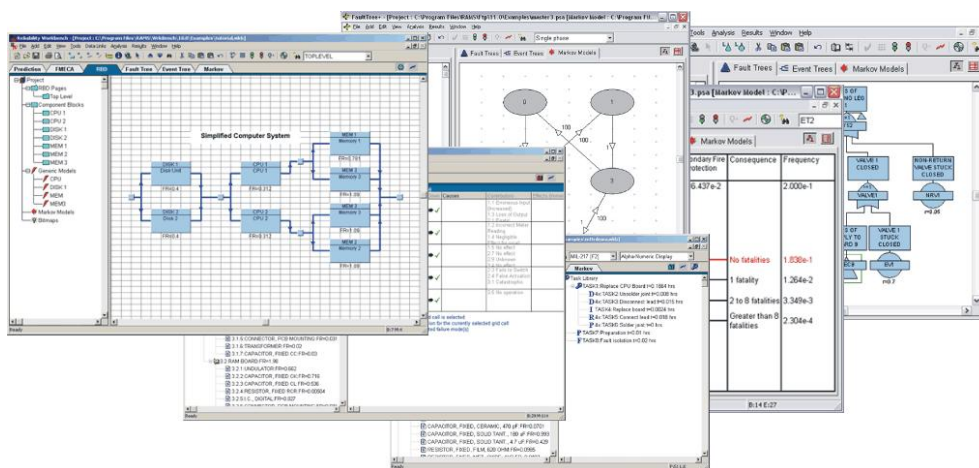
Oczywiście poza opisanymi w materiale pakietami istnieją inne również przydatne narzędzia obliczeniowe zarówno przytoczonych jak i innych producentów oprogramowania, które nie zostały tutaj przedstawione z uwagi na możliwości techniczne i ograniczony rozmiar publikacji. Informacje o innych pakietach dla komputerowego wspomaganie analizy gotowości, bezpieczeństwa oraz niezawodności można znaleźć m.in. w [12].

2. Pakiet Reliability Workbench firmy Isograph Ltd.

Pierwszym z przedstawionych pakietów programowych wspierających analizę niezawodności i bezpieczeństwa jest oprogramowanie *Reliability Workbench* (pol. Warsztat Niezawodnościowy) angielskiej firmy *Isograph Ltd.* [8, 14]. Warsztat składa się z dziewięciu modułów, które można zakupić w całości lub tylko wybrane części, wówczas wykorzystuje się tylko wybrane moduły w zależności od potrzeb analizy. Przykładowe zrzuty ekranowe pakietu firmy *Isograph Ltd.* pokazano na Rys. 1. (od lewej: okno *RBD*, okno *FMECA*, okno modułu analizy obsługiwalności, okno *FaultTree+* analiza Markowa, okno *FaultTree+* analiza drzewa zdarzeń, okno *FaultTree+* analiza drzewa niezdatności). W skład pełnego pakietu wchodzi:

- *FMECA* – program do prowadzenia analiz rodzajów, skutków i krytyczności niezdatności. Narzędzie pozwala na zminimalizowanie czasu i uproszczenie procedury sporządzania raportów *FMECA* lub *FMEA* dla instalacji procesowych i dla nowych projektów. Program umożliwia zamodelowanie hierarchicznej struktury systemu i szybkie zbudowanie tablicy przyczyn i skutków niezdatności z wykorzystaniem rozbudowanego i jednocześnie ergonomicznego interfejsu.
- *FaultTree+* – interaktywne graficzne środowisko analityczne dla prowadzenia probabilistycznej oceny ryzyka z wykorzystaniem zintegrowanej analizy drzewa niezdatności i drzewa zdarzeń oraz analizy opartej na procesach oraz łańcuchach Markowa.

- *RBD* – analiza systemów przedstawionych w postaci blokowej struktury niezawodnościowej (blokowy schemat niezawodnościowy). Narzędzie *RBD* pozwala na analizę złożonych systemów technicznych pod kątem wyznaczenia przekrojów minimalnych systemu oraz oszacowania podstawowych miar niezawodnościowych, w tym: niegotowości, niezawodności, oczekiwanej liczby uszkodzeń systemu, a także analizy ważności zdarzeń i analizy systemu z wprowadzonym zdarzeniem zewnętrznym (*house event analysis*).



Rys. 1. Zrzuty ekranowe oprogramowania firmy Isograph Ltd.

Fig. 1. Screenshots of Isograph Ltd. software

- *MTTR* – program do prognozowania obsługiwalności systemów. Program pozwala na oszacowanie wartości średniego czasu do naprawy (*MTTR – mean time to repair*) systemu lub podsystemu zgodnie z wymaganymi standardami.
- Oprócz wymienionych narzędzi oprogramowanie firmy *Isograph Ltd* zawiera pięć modułów (*prediction modules*) z bibliotekami do prognozowania niezawodności, w tym dane o intensywności uszkodzeń dla elementów elektronicznych wg dokumentu *MIL-HDBK-217* (moduł *MIL-217*) [16], elementów elektronicznych wg standardu *UTE C 80-810* [11] (moduł *RDF 2000*), elementów elektronicznych wg standardu *Telcordia* [28] (moduł *Bellcore*), elementów elektronicznych wg standardu *GJB/Z 299B* [9] (moduł *GJB/Z 299B*) oraz elementów mechanicznych wg dokumentu *NSWC* [23] (moduł *Mechanical*).

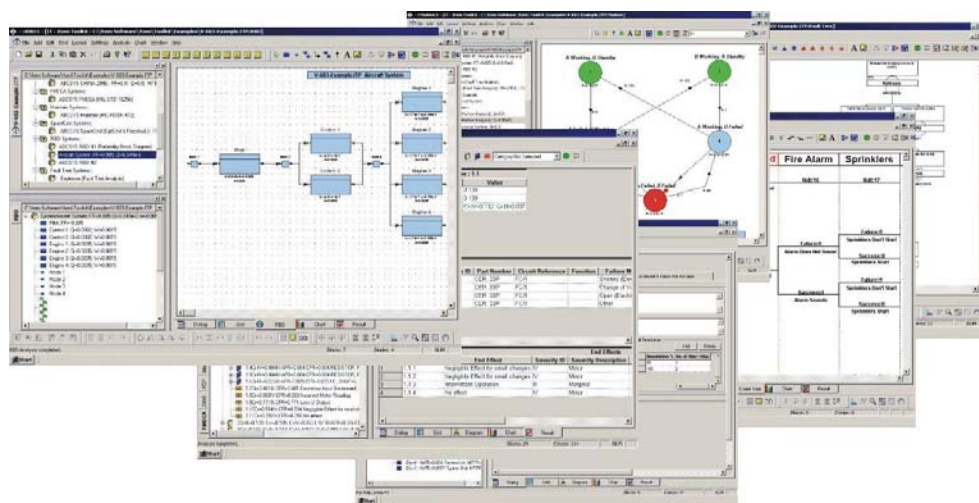
3. Pakiet Item Toolkit firmy Item Software

Rozbudowanym narzędziem do szacowania i prognozowania w dziedzinach niezawodności, gotowości, obsługiwalności oraz bezpieczeństwa jest pakiet *Item Toolkit* (pol. Przybornik) angielskiej firmy *Item Software* [6, 15]. Program jest zintegrowanym pakietem złożonym z ośmiu podstawowych modułów. Przykładowe rzuty ekranowe pakietu firmy *Item Software* pokazano na Rys. 2 (od lewej okno modułu *Reliability Block / Network Diagram*, okno modułu *Failure Mode Effect and Criticality Analysis*, okno programu *MainTain*, okno modułu *Markov Analysis*, okno modułu *Event Tree Analysis*, okno modułu *Fault Tree Analysis*). Pakiet w pełnej wersji składa się z następujących bloków:

- *Reliability Block / Network Diagram* – program wspierający analizę systemów przedstawionych w postaci modelu struktury niezawodnościowej (blokowy schemat niezawodnościowy / schematy sieciowe).
- *Failure Mode Effect and Criticality Analysis* – program do prowadzenia analizy rodzajów, skutków i krytyczności niezdatności zgodnie z uznanymi standardami w tym zakresie, jak np. *MIL-STD-1629* [20] lub *BS 5760 Part 5* [3]. Program zawiera bibliotekę wielu gotowych opisów części systemów, zdarzeń i skutków niezdatności, co skraca proces tworzenia raportów *FMEA*. Biblioteka może zostać dopasowana do indywidualnych potrzeb analityka. Ponadto program jest wyposażony w bazę informacji opartą na dokumencie *MIL-HDBK-338* [17, 18], która pozwala na tworzenie powszechnie używanych elementów, węzłów niezdatności itd.
- *Fault Tree Analysis* – moduł wspomagający analizę drzewa niezdatności. Program oferuje wielopoziomowe graficzne środowisko analityczne zintegrowane z technikami analizy niezawodności i bezpieczeństwa, pozwalające na szybką budowę modeli drzew niezdatności *FTA* oraz ich analizę. Narzędzie oferuje wielostronicową analizę oraz współdziałanie z innymi częściami pakietu firmy *Item Software*. Program posiada zaawansowane algorytmy analizy ilościowej oraz poszukiwania minimalnych przekrojów niezdatności w złożonych i dużych modelach *FTA*.
- *Event Tree Analysis* – moduł wspomagający analizę drzewa zdarzeń *ETA*. Program stanowi graficzne środowisko analityczne dla analizy *ETA*, czyli pozwala na określenie konsekwencji powstania analizowanych zdarzeń inicjujących i przewidywanej częstotliwości powstania każdej konsekwencji. Narzędzie współpracuje z programem *Fault Tree Analysis* należącym do tego samego pakietu.
- *Markov Analysis* – program wspomagający prowadzenie czasowo zależnej analizy niezawodności i gotowości opartej na łańcuchach i procesach Markowa. Zachowanie systemu modelowane jest grafem przejść stanów, który przedstawia dyskretny zbiór możliwych stanów analizowanego systemu, pozwala to m.in. na prowadzenie analizy przejść systemu ze stanu

niezdatności do zdatności i odwrotnie (sekwencje uszkodzeń i napraw systemu).

- *MainTain* – program wspomagający prognozowanie obsługiwalności systemów technicznych (zgodnie z dokumentem *MIL-HDBK-472* [19]). Pozwala na oszacowanie czasów przestoju podczas przeglądów oraz wywołanych stanami niezdatności. Narzędzie pozwala na wyznaczenie średniego czasu do naprawy zgodnie z procedurą przedstawiona w dokumencie *MIL-HDBK-472, Procedure V, Method A*. Ponadto program wspiera oszacowanie pracochłonności, ilość wymaganego personelu, wymaganych części zamiennych i narzędzi dla określonych zdefiniowanych dla danego systemu prac obsługowych.
- *SpareCost* – moduł wspomagający proces wyznaczania zapotrzebowania na części zamienne na stanowisku pracy oraz w magazynie, pozwala na zoptymalizowanie ilości części zamiennych pod względem najmniejszych kosztów eksploatacyjnych. Program wykorzystuje algorytmy *Optcost* i *Repstock* wywodzące się z zastosowań militarnych.
- oraz poza wymienionymi modułami pakiet firmy *Item Software* zawiera pięć modułów z bibliotekami do prognozowania niezawodności, w tym dane o intensywności uszkodzeń dla elementów elektronicznych wg dokumentu *MIL-HDBK-217* [16] (moduł *MIL-217*), elementów elektronicznych wg standardu *IEC 62380* [11] (moduł *RDF 2000*), elementów elektronicznych wg standardu *Telcordia SR-332/TR-332* [28] (moduł *Bellcore/Telcordia*), elementów elektronicznych wg standardu *GJB/Z 299B* [9] (moduł *China 299b*) oraz elementów mechanicznych wg standardu *NSWC-98/LE1* [23] (moduł *NSWC*).



Rys. 2. Zrzuty ekranowe oprogramowania firmy *Item Software*

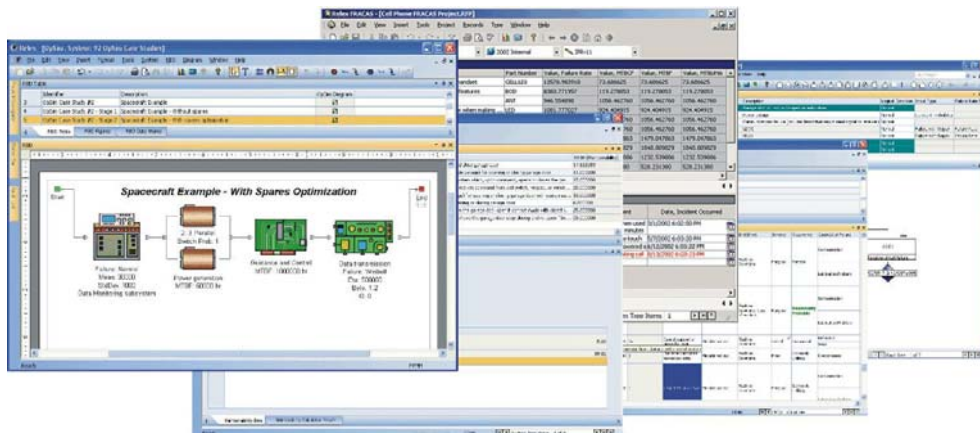
Fig. 2. Screenshots of *Item Software* programs

4. Pakiet Relex Reliability Studio firmy Relex Software

Kolejnym narzędziem do komputerowego wspomaganie obliczeń niezawodnościowych może stanowić oprogramowanie *Relex Reliability Studio* (pol. Studio Niezawodnościowe) amerykańskiej firmy *Relex Software* [7, 13]. Przykładowe zrzuty ekranowe pakietu firmy *Relex Software* pokazano na Rys. 3 (od lewej okno programu *OpSim*, okno programu *Maintainability prediction*, okno programu *FRACAS*, okno programu *FMEA/FMECA*, okno programu *Fault Tree / Event Tree*). Pakiet w pełnej wersji stanowi zbiór jedenastu narzędzi dla analizy niezawodnościowej, a mianowicie:

- *FMEA/FMECA* – narzędzie do prowadzenia analizy rodzajów i skutków niezdatności oraz analizy rodzajów, skutków i krytyczności niezdatności. Program jest pomocny przy analizie potencjalnych rodzajów uszkodzeń w systemie i ich efektów. Wspiera analizy wykonane z uwzględnieniem wymogów standardów militarnych i lotniczych w tym: *MIL-STD-1629* oraz *SAE ARP5580* [26] oraz standardów motoryzacyjnych SAE J1739 [25] lub norm producentów samochodów Automotive Industry Action Group [1] (AIAG), Daimler-Chrysler, Ford i GM FMEA [2].
- *FRACAS* – system raportowania i analizy uszkodzeń oraz działań korekcyjnych (*Failure Reporting Analysis and Corrective Action System*). Dzięki temu programowi możliwe jest wspomaganie systemu zarządzania firmą poprzez poprawę jakości i zmniejszenie kosztów produkcji. *FRACAS* pozwala wszystkim działom firmy na wgląd w bieżące plany napraw, udostępnia raporty usterek, reklamacje użytkowników i propozycje korekty zgodne z zaleceniami kierownictwa itp.
- *Human Factors Risk Analysis* – narzędzie wspierające analizę zagrożeń pochodzących od czynnika ludzkiego. Program może znaleźć zastosowanie do analizy błędów ludzkich w pewnych sektorach przemysłowych (lotnictwo, kosmonautyka, chemia procesowa, transport morski itp.), gdzie przyjmuje się iż nawet 80-90 % wszystkich wypadków jest wywołane tzw. czynnikiem ludzkim. *Human Factors Risk Analysis* opiera się na procesowej analizie rodzajów i skutków niezdatności *PFMEA* (*Process Failure Mode and Effects Analysis*).
- *Fault Tree / Event Tree* – program do prowadzenia analizy drzewa niezdatności oraz analizy drzewa zdarzeń. Model w postaci drzewa niezdatności może być budowany z wykorzystaniem bramek: *AND*, *PAND*, *OR*, *NOR*, *NAND*, *NOT*, *EXOR*, *k-z-n*, bramka zdarzenia warunkowego oraz komentarzy, symboli przeniesień i szeregu zdarzeń pierwotnych, takich jak zdarzenie elementarne, zewnętrzne i nierozwinięte. Program wspiera analizy zdarzeń o wspólnej przyczynie *CCF* przy zastosowaniu modeli nazwanych *Alpha*, *Beta*, *MGL* i *BFR*.
- *Life Cycle Cost (LCC)* – program do analizy kosztów cyklu eksploatacji zapewniający oszacowanie kosztów produktu w ciągu wszystkich etapów jego

egzystencji. Narzędzie *LCC* umożliwia analizę kosztów całościowych uwzględniających pełny cykl "życia" produktu tj. od chwili powstania koncepcji, poprzez projektowanie, wytwarzanie, użytkowanie aż do momentu wyłączenia produktu z użytku (złomowanie, recycling).



Rys. 3. Zrzuty ekranowe oprogramowania firmy *Relex Software*
Fig. 3. Screenshots of *Relex Software* programs

- *OpSim* – narzędzie do optymalizacji i symulacji systemów pod kątem ich niezawodności. Standardowe modele w postaci struktury niezawodnościowej systemu *RBD* pozwalają na oszacowanie gotowości i niezawodności, natomiast dla wielowymiarowych zmiennych struktur niezawodnościowych program pozwala na rozbudowanie analizy *RDB* o informacje o działaniach obsługowych oraz zapasie części zamiennych i sposobach realizacji procesu napraw.
- *Reliability Block Diagram (RDB)*– analiza systemów przedstawionych w postaci modelu struktury niezawodnościowej (blokowy schemat niezawodnościowy). Program pozwala na szeroki zakres analiz dla różnych wejściowych modeli (rozkładów) uszkodzeń i napraw elementów systemu, m.in. elementów z rozkładem wykładniczym, normalnym, log-normalnym, Weibulla, Rayleigha i modelem stałego prawdopodobieństwa.
- *Weibull* – funkcjonalny i łatwy w obsłudze program wykorzystujący techniki Weibulla pozwalającą na sprawdzenie i obróbkę zebranych danych o uszkodzeniach.
- *Maintainability prediction* – oprogramowanie do prognozowania obsługiwalności systemów technicznych. Program pozwala na przeprowadzanie analiz związanych z utrzymaniem urządzeń w stanie funkcjonalności. Do bazy danych wprowadza się hierarchię systemu i określić właściwe czasy odnowy dla wszystkich części wymiennych. Narzędzie

pozwała na oszacowanie miar obsługiwalności systemu jak na przykład średni czas do odnowy, pracochłonność na naprawę, średni czas obsługi czynnej, wskaźnik obsługiwalności itp. w oparciu o dane o jego elementach (miary obsługiwalności i niezawodności)

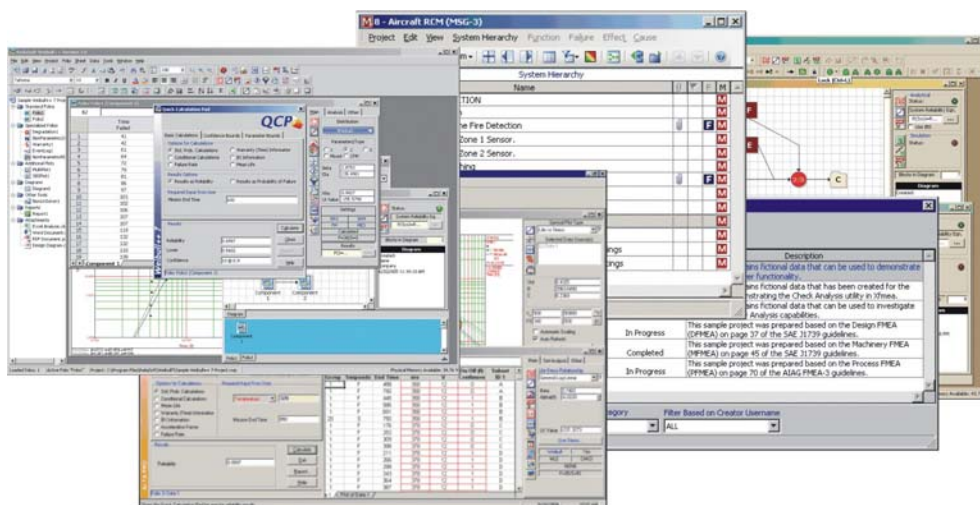
- *Markov* – program do wspomagania analizy opartej na łańcuchach i procesach Markowa. Sekwencja zdarzeń w systemie modelowana procesem Markowa może być analizowana w połączeniu z innymi technikami analizy, jak niezawodnościowy schemat blokowy lub analiza drzewa niezdatności, przez co możliwości aplikacji przedstawionego narzędzia ulegają rozszerzeniu.
- *Reliability Prediction* – biblioteki do prognozowania niezawodności, w tym dane o intensywności uszkodzeń dla elementów elektronicznych wg dokumentu *MIL-HDBK-217* [16] (*MIL-217*), elementów elektronicznych wg standardu *IEC 62380* [11] (*RDF 2000*), elementów elektronicznych wg standardu *Telcordia SR-332/TR-332* [28] (*Telcordia*), elementów elektronicznych wg standardu *GJB/Z 299B* [9] (*China 299b*) oraz elementów mechanicznych wg standardu *NSWC-98/LE1* [23] (*NSWC Mechanical*) a także elementy opisane standardach *HRD5* [10] oraz elementy opisane w bibliotekach dla oprogramowania *PRISM* i *PRISMPlus* [24].

5. Oprogramowanie firmy *ReliaSoft*

W odróżnieniu od poprzednio przedstawionych pakietów firma *ReliaSoft* nie oferuje jednego zintegrowanego środowiska, natomiast oferuje szereg narzędzi współpracujących ze sobą i pozwalających na wygodną wymianę i współdziałanie poszczególnych aplikacji [4]. Przykładowe zrzuty ekranowe programów firmy *ReliaSoft* zaprezentowano na Rys. 4 (od lewej okno programu *Weibull++*, okno programu *ALTA*, okno programu *RCM++*, okno programu *Xfmea*, okno programu *BlockSim 6 FTI Edition*). Do najważniejszych programów tego producenta należą:

- *Xfmea* – narzędzie pozwalające na analizę, zarządzanie danymi i opracowywanie raportów dla analizy rodzajów i skutków niezdatności (FMEA) oraz analizy rodzajów, skutków i krytyczności niezdatności (FMECA). Pakiet dostępny jest w dwóch wydaniach: standardowym (*Standard*) i rozszerzonym (*Enterprise*). Program wspiera wszystkie typy analiz FMEA/FMECA w tym projektowe *Design FMEA* (DFMEA), procesowe *Process FMEA* (PFMEA), maszynowe *Machinery FMEA* (MFMEA) oraz inne.
- *RCM++* – pakiet wspomagający eksploatację opartą na niezawodności (*Reliability Centered Maintenance*). Narzędzie pozwala na prowadzenie analizy, zarządzanie danymi i raportowanie dla potrzeb eksploatacji opartej na niezawodności, co jest równocześnie w pełni zintegrowane z analizą FMEA/FMECA. Pakiet wspomaga szereg standardów dla RCM takich jak: *MSG-3* [21], *SAE JA1012* [27], *NAVAIR 00-25-403* [22] oraz standardów dla FMEA/FMECA: *SAE J1739* [25], *AIAG FMEA-3* [1], *MIL-STD-1629A* [20].

- *BlockSim 6 FTI Edition* – kompletny i zintegrowany pakiet programowy pozwalający na analizę struktury niezawodnościowej *RBD* oraz analizę drzewa niezdatności *FTA*. Dostępna jest również wersja standardowa pakietu o nazwie *BlockSim 6 Standard* ograniczona tylko do możliwości prowadzenia analizy *RBD*. Oprogramowanie *BlockSim* jest zintegrowanym systemem przeznaczonym do przeprowadzenia szczegółowej analizy (szacowania i prognozowania) niezawodności złożonych systemów technicznych.
- *Weibull++* – program wykorzystujący przemysłowy standard (technika Weibulla) pozwalający na obróbkę zebranych danych o uszkodzeniach i oszacowanie miar niezawodnościowych systemu technicznego.
- *ALTA* – pakiet przeznaczony do prowadzenia ilościowych oszacowań wskaźników niezawodnościowych w oparciu o testy przyspieszone (*QALT*). Według informacji dostarczonych przez producenta jest to w chwili obecnej pierwszy i jedyny komercyjny program tego typu. *ALTA* jest dostępna w dwóch wersjach: *Standard* – podstawowe narzędzia do prowadzenia testów przyspieszonych cyklu eksploatacji oraz *PRO* posiadającej dodatkowe możliwości analizy danych z testów z czasowozależnymi naprężeniami w profilach lub z maksymalnie do ośmiu typów naprężeń działającymi równocześnie.
- Razem z poszczególnymi programami możliwe jest równoczesne zakupienie bibliotek z danymi o intensywności uszkodzeń elementów, jak również możliwe jest ich późniejsze dokupienie.



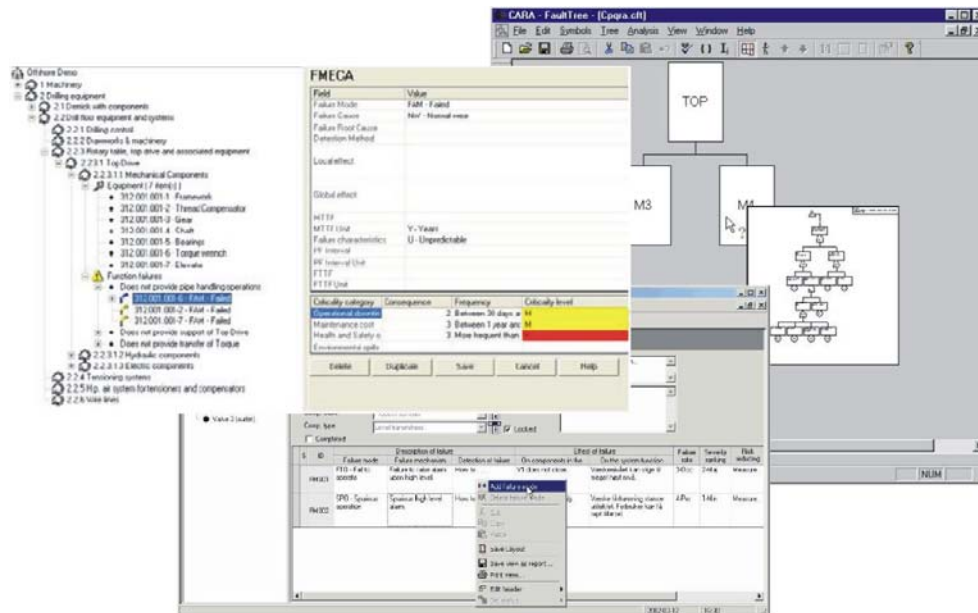
Rys. 4. Zrzuty ekranowe oprogramowania firmy ReliaSoft

Fig. 4. Screenshots of ReliaSoft programs

6. Oprogramowanie firmy *Sydvest Software*

Kolejnym przedstawionym oprogramowaniem są produkty norweskiej firmy *Sydvest Software*. Programy nie stanowią zintegrowanego pakietu, natomiast z uwagi na przeznaczenie poszczególnych narzędzi warte jest wymienienia jako stosunkowo konkurencyjny pod względem ceny, możliwości i komfortu pracy w stosunku do wcześniej przedstawionych pakietów zintegrowanych [5]. Firma opracowała program *Kyrass* wspierający analizy z zakresu bezpieczeństwa eksploatacji systemów technicznych, niestety narzędzie to jest aktualnie dostępne jedynie w języku norweskim. Przykładowe zrzuty ekranowe programów firmy *Sydvest Software* pokazano na Rys. 5 (od lewej okno wprowadzania danych w programie *Manifer*, okno programu *Sabatton*, okno modelowania systemu w programie *CARA-FaultTree*). Pośród programów firmy *Sydvest Software* z angielskojęzycznym interfejsem użytkownika na szczególną uwagę zasługują programy:

- *Sabatton* – narzędzie wspomagające analizę rodzajów i skutków niezdatności *FMEA* oraz rodzajów, skutków i krytyczności niezdatności *FMECA*. Metody te są zwykle wykorzystywane w fazie rozwojowej produktu lub systemu dla ujawnienia możliwych rodzajów i skutków niezdatności.
- *CARA-FaultTree* – program pozwalający na szybkie i wygodne modelowanie systemów w postaci drzew niezdatności oraz prowadzenie analizy zbudowanych modeli.
- *Manifer* – program wspomagający analizę procesu eksploatacji i zarządzanie oparte o metodę *RCM* (eksploatacja wspierana niezawodnością). Metodyka ta pozwala na określenie optymalnych wymagań w zakresie obsługi w kontekście efektywnej eksploatacji. Program może wspierać rozwój nowo wprowadzanych środków obsługowych jak również ulepszać rozwiązania istniejące, gdzie pożądana jest poprawa efektywności produkcji.



Rys. 5. Zrzuty ekranowe oprogramowania firmy Sydvest Software
Fig. 5. Screenshots of Sydvest Software programs

7. Uwagi końcowe

Zaprezentowany materiał przedstawia ogólny zarys zastosowań i najważniejszych możliwości poszczególnych programów uznanych producentów w dziedzinie analizy niezawodności, gotowości, obsługiwalności oraz bezpieczeństwa eksploatacji systemów technicznych i antropotechnicznych. Wskazano najważniejsze zdaniem autora cechy charakterystyczne dla poszczególnych pakietów (zestawów programów), programów (indywidualnych kodów programowych) i modułów programowych (bloki współpracujące w ramach środowiska jednego pakietu) i porównano je w ujęciu ogólnym. Ponadto należy mieć na uwadze, czy uzyskane wyniki analizy będą dalej opracowywane i przetwarzane z wykorzystaniem innych programów, a jeśli tak to, jakich i jaki jest zakres możliwości transferu informacji pomiędzy poszczególnymi programami, modułami i pakietami. Producenci dają możliwość wymiany informacji pomiędzy własnymi pakietami, często również do i z programów innych producentów jak np. *PRISM*, a także możliwość raportowania do powszechnie stosowanych typów plików jak pliki tekstowe *txt* i *rdf* oraz dokumenty pakietu biurowego *Microsoft Office*, w tym pliki edytora tekstów *Word (doc)*, arkusza kalkulacyjnego *Excel (xls)* oraz pliki bazy danych *Access (mdb)*.

Wybór określonego programu do określonych zastosowań związany jest z indywidualnymi wymaganiami analityka oraz zakresem i celem analizy. Zakres możliwości oszacowania poszczególnych miar oraz zastosowania określonych modeli i algorytmów w poszczególnych programach jest różny i w szczególnych przypadkach może zaistnieć potrzeba prowadzenia analizy z wykorzystaniem dwóch programów danego rodzaju. Wszystkie przedstawione pakiety dostępne są w wersjach demonstracyjnych, które można pobrać ze stron internetowych producentów lub zamówić w formie darmowej płyty CD wraz z dodatkowymi informacjami o produkcie. Ważnym zagadnieniem jest koszt zakupu poszczególnych pakietów (programów) oraz specjalne oferty cenowe dla zastosowań akademickich, informacje te osoby zainteresowane mogą uzyskać kontaktując się z odpowiednimi dystrybutorami oprogramowania, np. poprzez odnośniki do stron internetowych zamieszczone w literaturze.

Przedstawione programy cechuje obsługa gwarancyjna udzielana na poszczególne pakiety oraz fakt, iż producenci poszczególnych pakietów oferują seminaria i szkolenia w zakresie prowadzenia analizy niezawodnościowej oferowanych przez nich pakietów.

Zaprezentowana charakterystyka oprogramowania do komputerowego wspomagania jakościowej i ilościowej analizy niezawodnościowej przedstawia tylko główne cechy pakietów. Bardziej szczegółową prezentację, informacje o najnowszych uaktualnieniach i zmianach należy szukać w dokumentacji poszczególnych produktów m.in. przedstawionej na stronach producentów [4-8].

LITERATURA

1. AIAG FMEA-3 – Automotive Industry Action Group. Potential Failure Mode and Effect Analysis. Automotive Industry Action Group Standard. 01.07.2001
2. AIAG Q7-K - DaimlerChrysler, Ford, and General Motors Supplier Quality Requirements "7 Pack". Automotive Industry Action Group Standard.
3. BS 5760-5 – Reliability of systems, equipment and components. Guide to failure modes, effects and criticality analysis (FMEA and FMECA). British Standards Institution 20.12.1991.
4. Dokumentacja oprogramowania firmy ReliaSoft (<http://www.reliasoft.com>).
5. Dokumentacja oprogramowania firmy Sydvest Software (<http://www.sydvest.com>).
6. Dokumentacja pakietu Item Toolkit (<http://www.itemsoft.com>).
7. Dokumentacja pakietu Relex Reliability Studio (<http://www.relex.com>).
8. Dokumentacja pakietu Reliability Workbench (<http://www.isograph-software.com>).
9. GJB/Z 299B – China 299b (Electronic components reliability estimation). China military standard.
10. HRD5 – Parts Stress Handbook of Reliability Data for Electronic Components used in Telecommunication Systems. British Telecom.

11. IEC 62380 (UTE C 80-810, RDF 2000) – Reliability data handbook - Universal model for reliability prediction of electronics components, PCBs and equipment. IEC standard 08.2004.
12. Informacje o programach do wspomagania analizy niezawodności, obsługiwalności i bezpieczeństwa systemów technicznych (<http://www.plant-maintenance.com>).
13. The intuitive solution. Relex Visual Reliability Software. Publikacja firmy Relex.
14. Isograph Direct Authors of the World's Leading Software for Reliability, Availability, Maintainability, Safety & Life Cycle Costing. Publikacja firmy Isograph.
15. Item Software World Leaders In Reliability Engineering Software. Publikacja firmy Item Software.
16. MIL-HDBK-217 – Reliability Prediction of Electronic Equipment. Rev. F. Department of Defense. 2.12.1991.
17. MIL-HDBK-338 – Electronic Reliability Design Handbook. Department of Defense. 12 October 1988.
18. MIL-HDBK-338 Revision B – Electronic Reliability Design Handbook. Department of Defense. 1.10.1998.
19. MIL-HDBK-472 – Maintainability Prediction. Department of Defense. 24.05.1966.
20. MIL-STD-1629. Procedures for Performing a Failure Mode Effects and Criticality Analysis. US Department of Defense. 24.11.1980.
21. MSG-3 – Maintenance Steering Group. MSG-3 rev. 2 . RCM Strategy. Air Transport Association. Washington 1993.
22. NAVAIR 00-25-403 – Management Manual. Guidelines For The Naval Aviation Reliability-centered Maintenance Process. US Naval Air systems Command. Philadelphia 31.10.1996.
23. NSWC-98/LE1. Naval Surface Warfare Center Handbook of Reliability Prediction Procedures for Mechanical Equipment. 1998
24. PRISM, PRISMPlus. Reliability analysis software. Reliability Analysis Center RAC.
25. SAE J1739 – Potential Failure Modes and Effects Analysis in Design (Design FMEA) and Potential Failure Modes and Effects Analysis In Manufacturing and Assembly Processes (Process FMEA) Reference Manual. SAE International. 01.06.2000.
26. SAE ARP5580 – Recommended Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) Practices for Non-Automobile Applications. SAE International. 01.07.2001
27. SAE JA1012 – A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard. SAE International. 31.12.2002.
28. Telcordia/Bellcore SR-332/TR-332 – Reliability Prediction Procedure for Electronic Equipment . AT&T Bell Labs standard.05.2001.

Recenzent: dr hab. inż. Jan KAŁUSKI prof. nzw. Pol. Śl.
Politechnika Śląska w Gliwicach