

Edward KOŁODZIŃSKI

Wydział Inżynierii Bezpieczeństwa Cywilnego
Szkoły Głównej Służby Pożarniczej
E-mail: ekolodzinski@wp.pl

Podstawowe zagadnienia symulacyjnej metody badania skuteczności działania Wojewódzkiego Systemu Ratownictwa w przypadku zdarzeń o charakterze masowym

1 Analiza możliwości zwiększania skuteczności działania

Wojewódzkiego Systemu Ratownictwa w przypadku zdarzeń masowych

Charakterystyczną cechą zdarzeń o charakterze masowym [4] jest konieczność angażowania do łagodzenia ich skutków, zazwyczaj, co najmniej trzech podstawowych służb: Państwowej Straży Pożarnej (PSP), Państwowego Ratownictwa Medycznego (PRM) i policji (POLICJA). Dość często muszą one być wspierane przez służby specjalistyczne, takie jak: ratownictwo górskie, pogotowie gazowe, pogotowie energetyczne, zabezpieczenia logistycznego prowadzenia działań ratowniczych itp.

Po zajściu zdarzenia o charakterze masowym, z *aktualnych sił i środków Wojewódzkiego Systemu Ratownictwa (WSR) wydzielane są zasoby do realizacji przedsięwzięć ratownictwa* - doraźnie tworzone są systemy ratownictwa do wykonania zadania „obsługi” występujących zdarzeń. W dalszej części pracy nazywać je będziemy Doraźnymi Systemami Ratownictwa (DSR).

Aby zapewnić a priori pożądany poziom bezpieczeństwa w odniesieniu do zdarzeń o charakterze masowym zasoby sił i środków służb i inspekcji WSR, z którego tworzone są DSR, muszą być adekwatne do potrzeb wynikających z mapy wystąpienia wyróżnionych rodzajów zagrożeń - z uwzględnieniem ich skali i rodzaju.

Zadaniem WSR jest skuteczne reagowanie na wszystkie zdarzenia zagrożenia bezpieczeństwa funkcjonowania podmiotów dyslokowanych w rejonie jego odpowiedzialności. Zdarzenia o charakterze masowym stanowią (procentowo) bardzo niewielką część wszystkich zdarzeń wymagających reagowania, np. chociażby w odniesieniu do wypadków drogowych ze skutkami śmiertelnymi, czy też na budowach. Jednakże wrażliwość społeczna jest zgoła odmienna na zdarzenia masowe i liczne zwykłe wypadki, np. drogowe, pomimo, że ich niekorzystne skutki w ustalonym przedziale czasu są nieporównywalnie większe.

Skuteczność działania Wojewódzkiego Systemu Ratownictwa w przypadku zdarzeń masowych można zwiększać poprzez doskonalenie (rys.1.1.):

1. struktury jego dziedzicznych systemów ratownictwa [6],

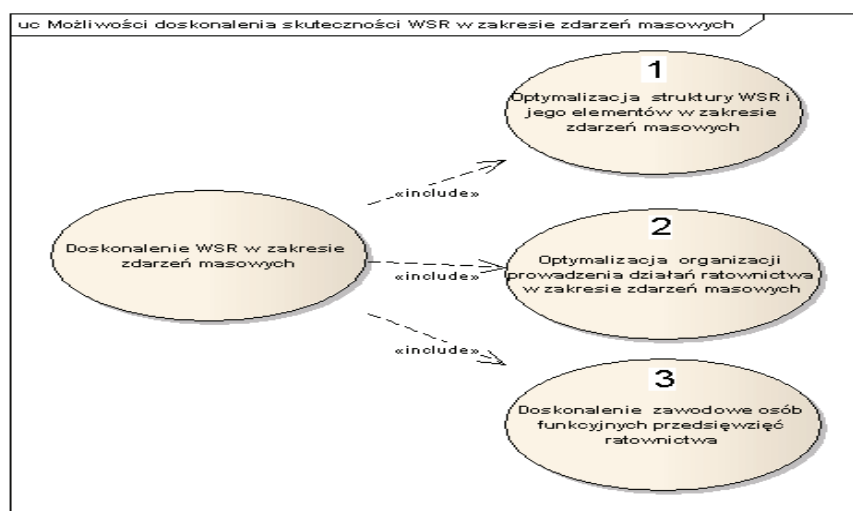
2. organizacji prowadzenia działań przez dziedzinowe systemy ratownictwa oraz ich współdziałania w prowadzeniu przedsięwzięć ratownictwa zdarzeń masowych,
3. zawodowe osób funkcyjnych przedsięwzięć ratownictwa zdarzeń masowych [5].

Ad 1. Doskonalenie struktury WSR i jego elementów w zakresie zdarzeń masowych obejmuje:

- a) podział obszaru województwa na rejony, z uwzględnieniem mapy intensywności zdarzeń masowych dla wyróżnionych ich rodzajów,
- b) ustalenie liczby, wyposażenia i dyslokacji elementów aktywnych dziedzinowych systemów ratownictwa WSR.

Przykładowo, w przypadku PRM dotyczy to przede wszystkim:

- Baz Środków Transportu Medycznego (BTRM),
- Szpitalnych Oddziałów Ratownictwa (SOR), organizowanych przy istniejących szpitalach.



Rys. 1. Możliwości doskonalenia skuteczności działania WSR w odniesieniu do zdarzeń masowych

Fig. 1. Opportunities to improve effectiveness of WSR in relation to mass events

Ad 2. Doskonalenie organizacji prowadzenia działań ratownictwa w zakresie zdarzeń masowych obejmuje:

- a) opracowanie procedur optymalnego sposobu realizacji czynności przez udziałowców przedsięwzięć ratownictwa w poszczególnych jego etapach,
- b) skrócenie czasu realizacji poszczególnych etapów łańcucha przeżycia –poprzez zwiększenie dynamiki ich realizacji, a w szczególności:

- właściwy dobór metod i środków realizacji procesów wykonawczych ratownictwa,
- skrócenie czasu opracowania informacji niezbędnej do podejmowania decyzji przez osoby funkcyjne przedsięwzięć ratownictwa, oraz natychmiastowe dostarczanie im tych informacji poprzez wdrażanie idei sieciowości systemu,
- skrócenie czasu podejmowania decyzji przez osoby funkcyjne przedsięwzięć ratownictwa – poprzez:
 - ✓ doskonalenie zawodowe uczestników przedsięwzięć ratownictwa,
 - ✓ wdrażanie nowych rozwiązań techniczno-programowego wspomaganie osób funkcyjnych przedsięwzięć ratownictwa,
 - ✓ upowszechnianie stosowania systemów ekspertowych w procesach decyzyjnych,
 - ✓ doskonalenie sposobów przekazywania decyzji do elementów wykonawczych.

Ad 3. Doskonalenie zawodowe osób funkcyjnych ratownictwa obejmuje [5] :

- a) aktualizację wiedzy odnośnie:
 - ✓ metod wykonywania czynności w poszczególnych etapach ratownictwa,
 - ✓ środków techniczno-programowego wsparcia wykonywania czynności w poszczególnych etapach ratownictwa,
 - ✓ aktualnych unormowań prawnych dotyczących ratownictwa;
 - ✓ nowych rozwiązań organizacyjnych prowadzenia działań ratownictwa;
- b) doskonalenie umiejętności praktycznych w zakresie: ratownictwa medycznego, wykorzystania sprzętu, organizacyjnym, zwłaszcza współdziałania, medycznym;
- c) zastosowanie odpowiednich metod nauczania: e-learningu, symulatorów [5], gier decyzyjnych.

2 Istota symulacyjnej metody doskonalenia skuteczności działania Wojewódzkiego Systemu Ratownictwa w odniesieniu do zdarzeń o charakterze masowym

W pracach nad doskonaleniem efektywności działania WSR, symulacja cyfrowa stosowana jest:

- jako metoda wyznaczania charakterystyk funkcjonowania systemu, np. regresji czasu po którym osoba poszkodowana w zdarzeniu zostanie przetransportowana do SOR względem liczby ZRM w WSR;
- jako metoda wyznaczania rozwiązań problemów optymalizacyjnych, np. wyznaczania optymalnego rozmieszczenia elementów wykonawczych SRM itp.;
- generowania epizodów (seansów) dla potrzeb doskonalenia zawodowego osób funkcyjnych systemu.

We wszystkich wyszczególnionych przypadkach występuje potrzeba odtwarzania (symulacji) procesów zachodzących w systemach ratownictwa. Odtwarzanie procesów

zachodzących w tych systemach realizowane jest na podstawie modeli matematycznych ich funkcjonowania [1].

Pod pojęciem *modelu matematycznego systemu* będziemy rozumieli opis symboliczny jego struktury i mechanizmów funkcjonowania, ujmujący jakościowe i ilościowe związki w nich i między nimi występujące, istotne z punktu widzenia celu prowadzonych badań. Mogą one być wyrażone za pomocą: diagramów, wzorów, wykresów, tablic itp.

Mechanizmy funkcjonowania doskonałych systemów ratownictwa opisywane są za pomocą *procesów dyskretnych w stanach i ciągłych w czasie*. Zmiany stanu procesu dyskretnego nazywać będziemy *zdarzeniami*.

Celem badań symulacyjnych systemu jest, zazwyczaj, wyznaczenie postaci analitycznych modeli matematycznych interesujących nas charakterystyk jego funkcjonowania, na podstawie wyników obserwacji wielkości zarchiwizowanych podczas eksperymentów symulacyjnych. Wyniki obserwacji stanowią dane do statystycznego wnioskowania (poprzez estymację lub weryfikację hipotez) o wartościach wyznaczanych charakterystyk.

Cechą charakterystyczną symulacyjnej metody badania systemów jest możliwość skalowania procesów symulujących \hat{P} czyli spowolniania lub przyśpieszania realizacji procesów symulowanych P . W tym celu wprowadza się pojęcie *czasu systemowego*, tj.

bieżącego czasu procesu symulującego \hat{P} . Jednostce czasu systemowego przyporządkowuje się odpowiedni kwant czasu rzeczywistego. Dzięki temu możemy z dowolną dokładnością odtwarzać czasy zajścia interesujących nas zdarzeń.

Stopień zgodności wyznaczanych modeli charakterystyk funkcjonowania badanego systemu z ich rzeczywistymi wartościami zależy od bardzo wielu czynników, a wśród nich przede wszystkim od:

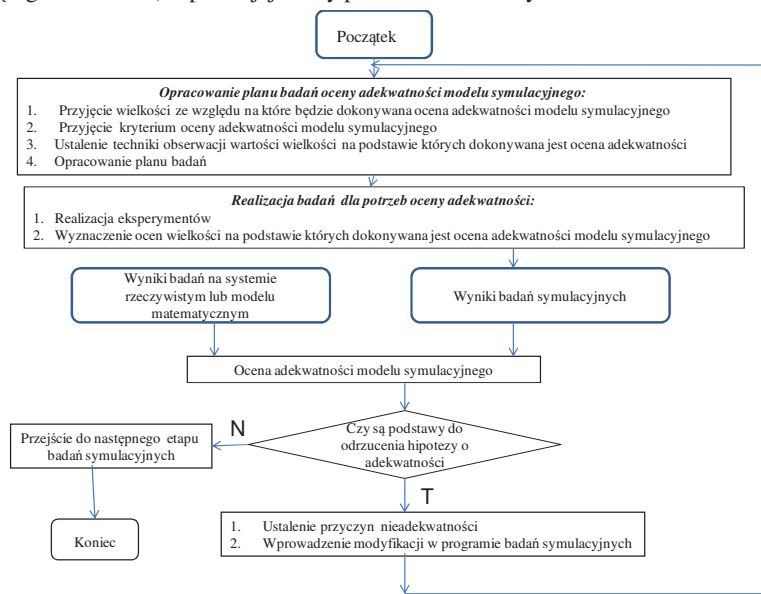
- adekwatności modeli symulacyjnych \hat{P} do procesów symulowanych P zachodzących w badanych systemach,
- przyjmowanych modeli regresji oraz statystyk przyjmowanych do wnioskowania o wartościach interesujących nas charakterystyk,
- sposobu prowadzenia obserwacji wielkości stanowiących podstawę do wnioskowania o postaciach analitycznych interesujących nas charakterystyk,
- liczby obserwacji na podstawie, których wyznaczane są oceny charakterystyk.

3 Istota zagadnienia oceny adekwatności symulacyjnego modelu funkcjonowania systemu ratownictwa

Każdy model matematyczny systemu, w oparciu o który przeprowadzana jest analiza jego działania, stanowi odzwierciedlenie naszej wiedzy o zjawiskach (procesach) zachodzących w badanym systemie. Dokładność opisu tych zjawisk zależy od celu badań, do realizacji których opracowuje się model. Dlatego też przy opracowywaniu modelu matematycznego systemu ważnym zagadnieniem jest ustalenie informacji mających istotny wpływ na wynik rozwiązania problemu.

Model spełnia swoje zadania wtedy, gdy za jego pośrednictwem otrzymuje się zgodne z celem badań informacje o zachowaniu się systemu. Jakość wnioskowania o zachowaniu się systemu, oceny charakterystyk jego działania, wyznaczone na podstawie modelu,

zależą od jego adekwatności do rzeczywistości. Adekwatność modelu rozumiana jest jako zgodność opisu procesów badanych z ich rzeczywistym przebiegiem (w sensie przyjętego wskaźnika). Sposób jej oceny przedstawiono na rys.2.1.



Rys.2.1. Procedura postępowania przy ocenie adekwatności modelu symulacyjnego
Fig. 2.1. The procedure for assessing the adequacy of the simulation model

Ocena adekwatności modelu matematycznego systemu oznacza poddanie go testowi (próbie), czy w stopniu zadawalającym do celu badań odzwierciedla właściwości i procesy zachodzące w badanym systemie. Poddanie modelu testowi wymaga uprzedniego określenia zbioru kryteriów, umożliwiających odróżnienie modelu adekwatnego od nieadekwatnego. Biorąc pod uwagę trudności powstające przy próbach ustalenie zbioru kryteriów oceny adekwatności modeli, proponuje się poddawanie modelu kilku testom. Jeżeli rozpatrywany model będzie pomyślnie „przechodził” kolejne testy, nasze zaufanie pokładane w modelu będzie wzrastać.

Zauważmy, że oceniając adekwatność modelu symulacyjnego, jesteśmy w stanie jedynie stwierdzić, że:

- nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy o adekwatności modelu symulacyjnego do procesu zachodzącego w badanym systemie, bądź;
- uzyskane wyniki przeczą prawdziwości hipotezy o adekwatności modelu symulacyjnego.

Szczegółowa analizę możliwości oraz metod oceny adekwatności modeli symulacyjnych funkcjonowania systemów przeprowadzono w pracy [1].

4 Istota zagadnienia wyznaczania postaci analitycznych modeli regresji wielkości charakteryzujących funkcjonowanie systemu ratownictwa względem jego właściwości

W doskonaleniu skuteczności i efektywności działania systemów ratownictwa interesuje nas zazwyczaj zależność ich wartości oczekiwanych od właściwości tych systemów, np. stanu sił i środków, ich dyslokacji, szybkości reagowania na zgłoszenie o zdarzeniu itp. W statystyce matematycznej warunkową wartością oczekiwaną pewnej zmiennej losowej Y (może ona reprezentować dowolną interesującą nas charakterystykę jakości funkcjonowania systemu ratownictwa) względem ustalonej wartości zmiennej X (może reprezentować dowolną właściwość systemu, rozpatrywaną w badaniu jako czynnik) nazywamy regresją pierwszego rodzaju zmiennej Y względem $X = x$, określoną za pomocą wzoru:

$$E(Y/x) = \int_{-\infty}^{\infty} y dF(y/x) \quad (3.1)$$

gdzie:

$F(y/x)$ – dystrybuanta warunkowego rozkładu prawdopodobieństwa zmiennej losowej Y przy ustalonej wartości zmiennej $X = x$,

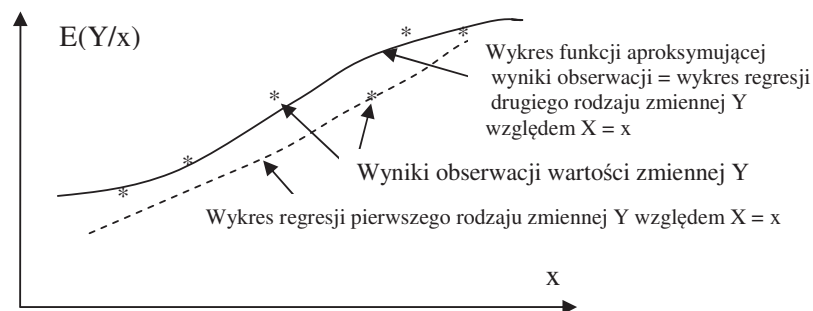
Y – oznaczenie wyznaczanej charakterystyki jakości funkcjonowania systemu,

X – oznaczenie czynnika (właściwości systemu) ze względu na który dokonywana jest analiza funkcjonowania systemu.

W praktyce nieznana jest postać analityczna dystrybuanty $F(y/x)$. Zatem nie możemy też wyznaczyć postaci analitycznej regresji (3.1). Jej postać przybliżana jest za pomocą regresji drugiego rodzaju zmiennej Y względem $X = x$, tj. funkcji, której postać analityczna jest określana na podstawie wyników badań eksperymentalnych - w naszym przypadku badań symulacyjnych. Jest nią funkcja aproksymująca wyniki badań (rys.3. 1.).

Postać analityczną regresji drugiego rodzaju zmiennej Y względem $X = x$, stanowiącej model regresji pierwszego rodzaju zmiennej Y względem $X = x$ wyznacza się w następujących etapach (rys. 3.2.):

1. określenie celu badań systemu i wyznaczanych charakterystyk,
2. przyjęcie hipotez o postaciach analitycznych wyznaczanych charakterystyk- ich modeli regresji,
3. opracowanie planu badań,
4. przeprowadzenie badań zgodnie z planem,
5. wnioskowanie o wartości współczynników modeli regresji,
6. ocena adekwatności wyznaczonych modeli regresji.

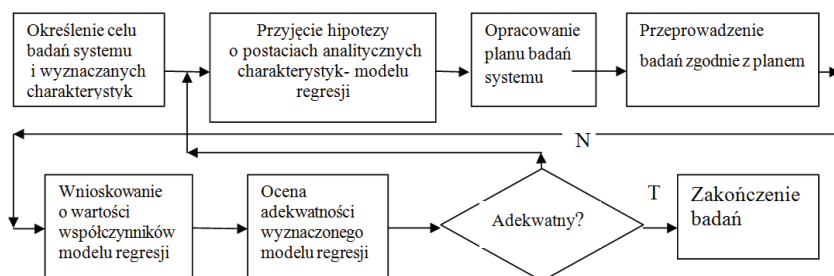


Rys. 3.1. Ilustracje: regresji pierwszego rodzaju, wyników obserwacji oraz regresji drugiego rodzaju

Fig. 3.1. Figures of: first type of regression, the results of observations and second type of regression

Hipotezę o postaci analitycznej charakterystyki systemu - modelu regresji drugiego rodzaju przyjmuje się na podstawie wiedzy ogólnej i a priori o funkcjonowaniu badanego systemu.

Na dokładność oceny współczynników postulowanego modelu regresji istotny wpływ ma plan badań systemu. Stosując eksperymenty czynne można uzyskać pożądaną dokładność oceny współczynników modelu regresji przy mniejszej liczbie obserwacji niż przy eksperymentach biernych [1]. Wynika stąd, że planując eksperymenty czynne, w wielu przypadkach, można zmniejszyć nakłady czasu i środków na ich realizację w stosunku do eksperymentów biernych.



Rys. 3.2. Procedura wyznaczania modelu regresji – przybliżania postaci analitycznej rzeczywistych charakterystyk za pomocą ich modeli

Fig. 3.2. Procedure for determining the regression model - bringing the analytical form of the actual characteristics using their models

Etap wnioskowania o wartości współczynników modelu regresji na podstawie wyników badań, tj. opracowania i analizy wyników przeprowadzonych badań symulacyjnych obejmuje:

- eliminację błędnych wyników,

- statystyczne wnioskowanie o wartościach parametrów modelu-estymację wartości parametrów bądź też weryfikację hipotez o ich wartościach.

Istotnym zagadnieniem przy wyznaczaniu modelu regresji jest ustalenie liczby czynników (zmiennych niezależnych), które będzie on uwzględniać. Kierując się maksymalnym zbliżeniem modelu symulacyjnego systemu do procesów zachodzących w badanym systemie powinno się uwzględniać wszystkie czynniki wpływające na wynik rozwiązywanego problemu. Wzrost liczby uwzględnianych w badaniach czynników zwiększa złożoność algorytmu i programu badań symulacyjnych oraz komplikuje, a niejednokrotnie uniemożliwia ich przeprowadzenie. Wymaganiem naturalnym będzie zatem, aby model był adekwatny do rozwiązywanego problemu. Zagadnienia szczegółowe doboru modelu regresji rozpatrywano w [1].

W badaniach ukierunkowanych na doskonaleniu skuteczności i efektywności systemu ratownictwa jest on rozpatrywany jako system masowej obsługi, zaś interesujące nas jego charakterystyki funkcjonowania jako regresje pierwszego rodzaju. Określenie ich postaci sprowadzamy do wyznaczenia postaci analitycznej odpowiadających im modeli regresji drugiego rodzaju na podstawie wyników badań symulacyjnych.

5 Istota zagadnienia planowania badań symulacyjnych w celu wyznaczenia postaci analitycznej modelu regresji wielkości charakteryzujących funkcjonowanie systemu ratownictwa względem jego właściwości

Oznaczmy przez:

Y- wyznaczaną charakterystykę jakości funkcjonowania systemu – *zmienną zależną*,

X- czynnik wpływający na wartości przyjmowane przez charakterystykę jakości funkcjonowania systemu – *zmienną niezależną*,

$X = \{x_i; i = \overline{1, I}\}$ – zbiór możliwych wartości zmiennej X.

Niech celem naszych badań będzie wyznaczenie postaci analitycznej modelu przybliżającego interesującą nas charakterystykę jakości funkcjonowania systemu. W ujęciu statystyki matematycznej będzie to zadanie wyznaczenia modelu regresji drugiego rodzaju, przybliżającego regresję pierwszego rodzaju, na podstawie wyników badań symulacyjnych.

Przyjmijmy, że dysponujemy stosownym symulatorem (pakietem) programowym do badania symulacyjnego systemu, umożliwiającym wyznaczenie interesującej nas charakterystyki (zależności $E(Y/x)$). Przed rozpoczęciem badań musimy opracować *program badań*, tj.:

- na podstawie dysponowanej wiedzy o funkcjonowaniu systemu określić zbiór najbardziej prawdopodobnych postaci analitycznych modeli regresji pierwszego rodzaju $E(Y/x)$ dla danej charakterystyki:

$G = \{g^j(x); j = \overline{1, J}\}$, przy czym J - liczba modeli matematycznych uwzględnionych w przybliżaniu;

➤ dla każdego modelu $g^j(x) \in \mathbf{G}$ należy opracować plan badań, którego celem jest wnioskowanie statystyczne o wartościach współczynników tego modelu na podstawie wyników badań symulacyjnych.

Dla uproszenia dalszych rozważań przyjmujemy, że współczynniki modeli $g^j(x) \in \mathbf{G}$ będziemy estymować na podstawie wyników badań zaplanowanych dla każdego z uwzględnianych modeli. Zauważmy jednak, że niektóre spośród modeli ze zbioru \mathbf{G} mogą okazać się nieadekwatne. W pracy [1] szczegółowo analizowano wpływ nieadekwatności modeli regresji na dokładność oceny ich współczynników. Z przeprowadzonej analizy wynika, że w przypadku nieadekwatności przyjętego modelu regresji estymatory jego współczynników są obciążone. Okazuje się, że skutki obciążenia można w pewnym stopniu zredukować poprzez dobór odpowiedniego *planu badań*, tj. liczby punktów pomiarowych (wartości zmiennej X dla których dokonywane są obserwacje zmiennej Y), ich rozmieszczenia oraz liczby obserwacji w tych punktach.

6 Istota zagadnienia optymalizacji statystycznej efektywności funkcjonowania systemu ratownictwa metoda symulacyjną

Zadanie optymalizacji statystycznej efektywności funkcjonowania systemu ratownictwa metodą symulacyjną można rozwiązywać na dwa sposoby:

1. wyznaczając uprzednio postać analityczną modelu regresji na podstawie wyników badań symulacyjnych,
2. wyznaczając rozwiązanie optymalne bezpośrednio na podstawie wyników badań symulacyjnych, bez uprzedniego wyznaczania modelu regresji.

Ad 1. Pierwszy sposób wyznaczania rozwiązania zadania optymalizacyjnego nosi nazwę *optymalizacji statystycznej na podstawie modelu regresji*. Sprowadza się do uprzedniego wyznaczenia postaci analitycznej modelu interesującej nas charakterystyki jakości funkcjonowania systemu, a następnie, przyjmując wyznaczony model jako funkcję kryterium problemu, wyznaczane jest jego rozwiązanie optymalne. Z postępowaniem związanym z określeniem optymalnego rozwiązania problemu tą metodą można zapoznać się na przykład w [1].

Ad 2. Drugi sposób wyznaczania rozwiązania zadania optymalizacyjnego nosi nazwę *optymalizacji statystycznej bez modelu regresji*. Rozwiązanie optymalne wyznaczane jest bezpośrednio na podstawie wyników badań, bez uprzedniego wyznaczania modelu regresji. Postępowanie związane z określaniem optymalnego rozwiązania problemu tą metodą szczegółowo przedstawiono między innymi, np. w [7].

7 Środowisko programowe do symulacyjnego badania skuteczności i efektywności działania systemu ratownictwa w zdarzeniach o charakterze masowym

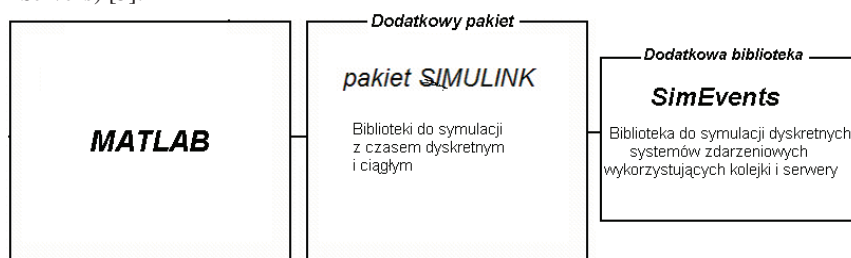
W ramach prowadzonych prac badawczych nad doskonaleniem skuteczności i efektywności działania systemów ratownictwa w zdarzeniach o charakterze masowym dokonano szczegółowej analizy istniejących środowisk programowych z punktu widzenia ich zastosowania do wyznaczania charakterystyk funkcjonowania tych systemów i optymalizacji ich działania metodą symulacyjną. Według autorów tej

analizy najbardziej korzystnym środowiskiem do realizacji tego rodzaju badań okazało się połączenie pakietów *Matlab-Simulink-SimEvents* [3].

Simulink jest pakietem rozszerzającym funkcjonalnie zakres możliwości prowadzenia badań za pomocą pakietu matematycznego *Matlab* firmy The MathWorks. Umożliwia on prowadzenie badań symulacyjnych funkcjonowania systemów. Pozwala opracowywać algorytmy i programy badań symulacyjnych wykorzystując komponenty składowe pakietu za pomocą interfejsu graficznego. Za pomocą *Simulinka* można symulować procesy zarówno dyskretne jak i ciągłe w czasie.

Z kolei pakiet *SimEvents* rozszerza możliwości *Simulinka* o modelowanie i symulację systemów w ujęciu masowej obsługi. Wzajemne relacje pakietów *Matlab*, *Simulink* oraz *SimEvents* przedstawiono na rys.6.1.

W *Simulink*'u, rozszerzonym o bibliotekę *SimEvents*, procesy opisujemy za pomocą łączenia bloków opisujących ich składowe. W tym celu wykorzystuje się odpowiednie ikony, reprezentujące: dane wejściowe (*Generators*), dane wyjściowe (*SimEvent Sinks*) oraz pozostałe elementy modelu symulacyjnego (kolejki – *Queues*, stanowiska obsługi – *Servers*) [3].

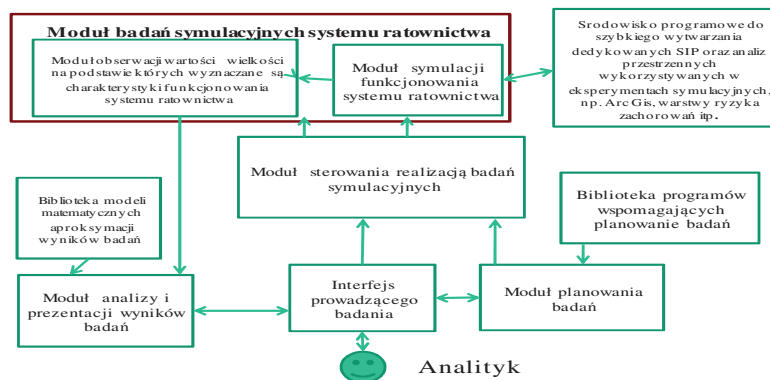


Rys. 6.1. Wzajemne relacje pakietów - Matlab, Simulink oraz SimEvents

Fig. 6.1. Mutual relations between packages - Matlab, Simulink and SimEvents

8 Struktura funkcjonalna pakietu programowego do badań symulacyjnych skuteczności i efektywności funkcjonowania systemu ratownictwa

Strukturę funkcjonalną pakietu programowego do badań symulacyjnych skuteczności i efektywności funkcjonowania systemu ratownictwa przedstawiono na rys.7.1.



Rys.7.1. Struktura funkcjonalna pakietu programowego do badań symulacyjnych skuteczności i efektywności funkcjonowania systemu ratownictwa

Fig. 7.1. The functional structure of the software package for simulation tests of the effectiveness and efficiency of the rescue system

9 Podsumowanie

Niniejszy artykuł zawiera syntetyczne ujęcie zagadnień występujących w badaniu skuteczności i efektywności działania systemów ratownictwa, ze szczególnym uwzględnieniem zdarzeń o charakterze masowym. Przedstawiono w nim cząstkowe wyniki aktualnie prowadzonej pracy badawczej własnej nad doskonaleniem funkcjonowania Wojewódzkiego Systemu Ratownictwa.

Praca badawcza ukierunkowana jest na opracowanie systemu ekspertowego, o strukturze funkcjonalnej przedstawionej na rys.7.1., do wyznaczenia modeli matematycznych charakterystyk jakości funkcjonowania systemu ratownictwa oraz optymalizacji jego struktury. Podstawowymi elementami składowymi systemu ekspertowego będą: moduł badań symulacyjnych systemu ratownictwa (zintegrowane pakiety *Matlab- Simulink – SimEvents*) [3] oraz środowisko programowe do szybkiego wytwarzania dedykowanych systemów informacji przestrzennej oraz analiz przestrzennych zagrożeń bezpieczeństwa funkcjonowania podmiotów znajdujących się na obszarze odpowiedzialności badanych systemów [2].

Literatura

1. Kołodziński E.: *Symulacyjne metody badania systemów*, PWN, Warszawa, 2002
2. Kołodziński E., Betliński G.: *Metoda szybkiego wytwarzania dedykowanych systemów informacji przestrzennej bazująca na koncepcji uniwersalnej klasy obiektów*, XX Konferencja nt. „Geoinformacja w Polsce”, Warszawa, Biblioteka Narodowa, 4-6 listopada 2010, Artykuł opublikowany w ROCZNIKI 2010 GEOMATYKI (ISSN1731-5522), tomVIII, zeszyt 6 str.69-80
3. Kołodziński E., Romaniec P., Ropiak P.: *Analiza i integracja środowiska programowego Matlab- Simulink – Simevents dla potrzeb badań symulacyjnych funkcjonowania systemów ratownictwa*, UWM, Olsztyn 2010, opracowanie wewnętrzne

4. Kołodziński E.: *Doskonalenie skuteczności działania Wojewódzkiego Systemu Ratownictwa w przypadku zdarzeń masowych*, Warszawa, 2010, Czasopismo internetowe „Zagadnienia Inżynierii Bezpieczeństwa”, <http://ptib.pl/component/remository/?func=startdown&id=273>
5. Kołodziński E.: *Metoda doskonalenia zawodowego osób funkcyjnych ratownictwa medycznego*, Warszawa, 2010, Czasopismo internetowe „Zagadnienia Inżynierii Bezpieczeństwa”, <http://ptib.pl/component/remository/?func=startdown&id=2732>
6. Kołodziński E.: *Optymalizacja dyslokacji elementów aktywnych Podstawowej Jednostki Organizacyjnej Systemu Bezpieczeństwa Kraju dla jednorodnych zagrożeń bezpieczeństwa funkcjonowania podmiotów*, Warszawa, 2010, Czasopismo internetowe „Zagadnienia Inżynierii Bezpieczeństwa”, <http://ptib.pl/component/remository/?func=startdown&id=216>
7. Zieliński R., Neuman P.: *Stochastyczne metody poszukiwania minimum funkcji*, WNT, Warszawa, 1986

Streszczenie

Niniejszy artykuł zawiera syntetyczne ujęcie zagadnień występujących w badaniu skuteczności i efektywności działania systemów ratownictwa, ze szczególnym uwzględnieniem zdarzeń o charakterze masowym. Przedstawiono w nim częściowe wyniki aktualnie prowadzonej pracy badawczej własnej nad doskonaleniem funkcjonowania Wojewódzkiego Systemu Ratownictwa. Praca badawcza ukierunkowana jest na opracowanie systemu ekspertowego do wyznaczania modeli matematycznych charakterystyk jakości funkcjonowania systemu ratownictwa oraz optymalizacji jego struktury.

Basic issues of simulation methods testing of the Regional Rescue System effectiveness in the mass events

Summary

This article provides a synthetic approach to issues occurring in the study of effectiveness and efficiency of emergency systems, with particular emphasis on events with a massive turnout. It was presented partial results of the ongoing research work on improving the Provincial Rescue System functioning. Research work is focused on the development of expert system to determine mathematical models of the quality characteristics of the functioning of the rescue, and optimize its structure.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2010-2012 jako projekt badawczy własny nr 0 N516313938.