

Marta LIGNOWSKA

Wojskowa Akademia Techniczna, ul. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa

E-mail: marta.lignowska@wat.edu.pl

Symulacja ścieżek klinicznych w środowisku PowerDesigner i SIMUL8

1 Wstęp

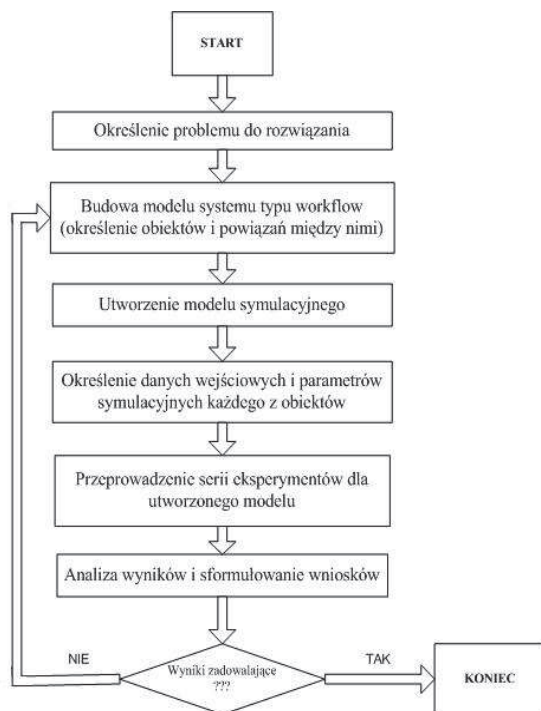
Głównym przedmiotem rozważań będzie modelowane oraz symulowane działania wytycznych i ścieżek klinicznych. Wytyczne (guidelines) to systematycznie opracowywane zbiory rekomendacji dotyczące określonego problemu zdrowotnego, które stanowią narzędzie pomocne w procesie podejmowania decyzji. Pozwalają one na racjonalizację postępowania dotyczącego diagnostyki, leczenia i profilaktyki; są też narzędziem zapewniania wysokiej jakości świadczeń zdrowotnych. Dokumenty wytycznych są też często wykorzystywane przez studentów oraz nauczycieli akademickich w celach dydaktycznych. Opracowywane są zgodnie z zasadami EBM przez profesjonalne organizacje oraz wiodące ośrodki i czołowych specjalistów, zajmujących się danym problemem zdrowotnym w kraju. Ścieżki kliniczne (clinical pathways, care paths) są rozwinięciem wytycznych postępowania medycznego. Służą one optymalizacji usług świadczonych przez szpitale, zarówno pod względem medycznym, jak i ekonomicznym. Definiuje ona szczegółowo niezbędne kroki postępowania (leczenie i pielęgnację pacjentów) rozłożone w czasie, czyli określa, w jaki sposób należy leczyć daną chorobę.

Ścieżki kliniczne to swego rodzaju procesy, które mogą być modelowane jako systemy klasy workflow. Workflow jest to proces przepływu informacji pomiędzy obiektami biorącymi udział w jej przetwarzaniu. Systemy klasy workflow mają zastosowanie w modelowaniu funkcjonowania wielu dziedzin życia i organizacji. Zastosowanie tych modeli w wielu różnorodnych obszarach niesie za sobą to, że podejście użyte dla jednego rozwiązania nie jest podejściem dobrym dla innego. Stąd tak ważne jest badanie własności stworzonych modeli systemów typu workflow, aby były one jak najlepsze dla modelowanego obiektu.

Badanie własności systemów workflow nie jest zadaniem trywialnym, a wprowadzenie do organizacji procesu nie zbadanego pod kątem właściwości tj. efektywność może doprowadzić do pełnej reorganizacji oraz podniesienia kosztów jej funkcjonowania. Z tego też powodu lepszym i mniej kosztownym rozwiązaniem jest symulacyjne badanie własności systemów typu workflow, nim zostaną wprowadzone do użytku w modelowanej organizacji. Stąd też do badania własności ścieżek klinicznych zostało wybrane podejście symulacyjne zaprezentowane w dalszej części opracowania.

2 Metodyka symulacyjnego badania własności ścieżek klinicznych jako systemów klasy Workflow

Metodyka symulacyjnego badania własności systemów typu workflow, w tym też tych zastosowanych do badania ścieżek klinicznych powinna być procesem składającym się z następujących kroków:



Rys. 1. Schemat metodyki symulacyjnego badania systemów klasy Workflow

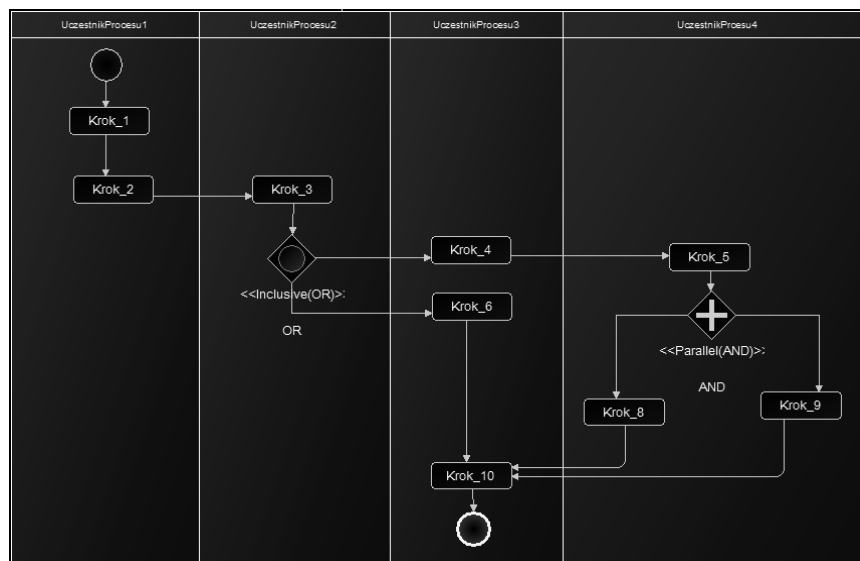
Fig. 1. Diagram of simulation research methodology of Workflow systems

3 Określenie problemu do rozwiązania

Metodyka zaczyna się od kroku, w którym następuje określenie problemu do rozwiązania, w przypadku ścieżki klinicznej określenie kroków wchodzących w proces leczenia określonej jednostki chorobowej. Jest to krok niezwykle ważny, ponieważ bez określenia co powinno być zamodelowane i jakie efekty przynieść nie można badać czy spełnione są wcześniejsze założenia dla danej ścieżki klinicznej. Po określeniu założeń można przejść do modelowania ścieżki klinicznej jako procesu systemu workflow.

4 Budowa modelu systemu klasy WorkFlow (określenie obiektów i powiązań między nimi)

Budowa modelu systemu typu workflow jest kolejnym krokiem procesu. W tym kroku powinny zostać określone jakie obiekty ścieżki klinicznej (wizyty u lekarzy, badania, lekarze, pielęgniarki itp.) będą wchodziły w skład workflow i jakie będą powiązania pomiędzy nimi. W proponowanej metodzie do tworzenia tego typu modelu biznesowego została użyta aplikacja Sybase PowerDesigner Version 15.0.0.2007. Model utworzony za jej pomocą ma następującą postać:



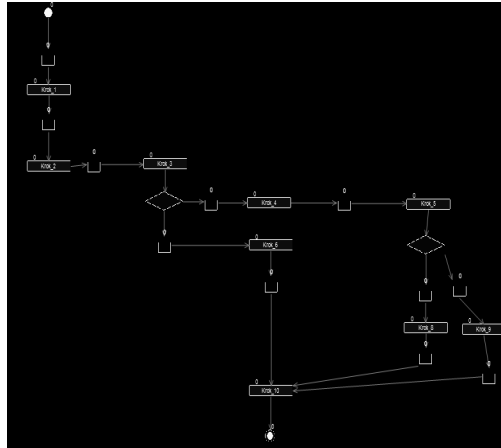
Rys. 2. Model systemu klasy WorkFlow stworzony za pomocą PowerDesigner'a

Fig. 2. WorkFlow system model created in PowerDesigner

5 Utworzenie modelu symulacyjnego

W proponowanej metodzie utworzenie modelu symulacyjnego jest zadaniem niezwykle prostym. Prostota tego rozwiązania polega na tym, że mając model systemu utworzony za pomocą PowerDesignera można wyeksportować go do modelu symulacyjnego za pomocą wbudowanych funkcji programu znajdujących się w zakładce Tools->Simulation->Eksport SIMUL8 Files....

Model wyeksportowany do formatu aplikacji SIMUL8 Version 14.0 ma następującą postać:



Rys. 3. Model systemu klasy WorkFlow po wyeksportowaniu do SIMUL8
Fig. 3. WorkFlow system model exported to SIMUL8

6 Określenie danych wejściowych i parametrów symulacyjnych każdego z obiektów

Za pomocą aplikacji SIMUL8 można w prosty sposób określić dane wejściowe i parametry symulacyjne dla każdego z zamodelowanych obiektów. Klikając na wybrany obiekt modelu można przejść do panelu właściwości za pomocą których można definiować właściwości obiektu. Dla każdego rodzaju obiektów występujących w modelu panel ten wygląda nieco inaczej. Charakterystyka wybranych elementów paneli przedstawiona jest w dalszej części opracowania.

Element początkowy (Work Entry Point)

Panel właściwości elementu początkowego wygląda następująco:



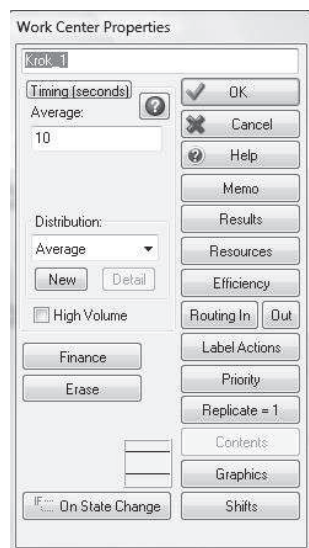
Rys. 4. Panel właściwości dla Work Entry Point

Fig. 4. Work Entry Point Properties

Panel ten służy do definiowania jak ma wyglądać strumień napływu zadań do systemu, jaki ma być średni czas pomiędzy zgłoszeniami i z jakim rozkładem mają być one generowane, w panelu tym można określić także koszty wykonywania zadań oraz wiele innych parametrów.

Krok procesu/Blok decyzyjny (Work Center)

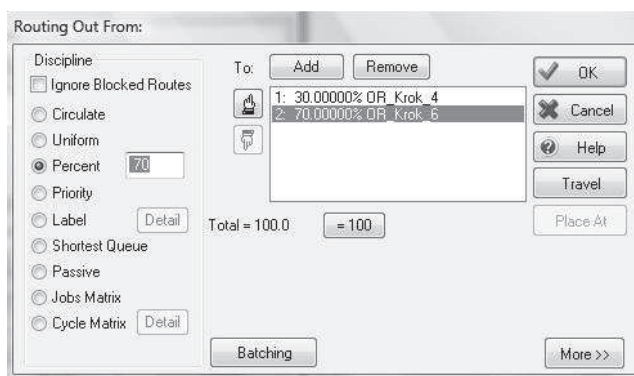
Panel za pomocą którego można definiować parametry kroku procesu oraz bloku decyzyjny jest taki sam.



Rys. 5. Panel właściwości dla Work Center

Fig. 5. Work Center Properties

Definiować można w nim parametry dla poszczególnych kroków procesu, takie jak dane wejściowe i wyjściowe, efektywność przetwarzania napływających zadań, ich priorytety i wiele innych. Z punktu widzenia bloku decyzyjnego, który na wyjściu ma często więcej niż jedną ścieżkę, którą może zostać wysłane zadanie ważne jest ustawienie na wyjściu tego bloku w którą ścieżkę zostanie pokierowane zadanie do dalszego przetwarzania. Można to definiować za pomocą następującego bloku:



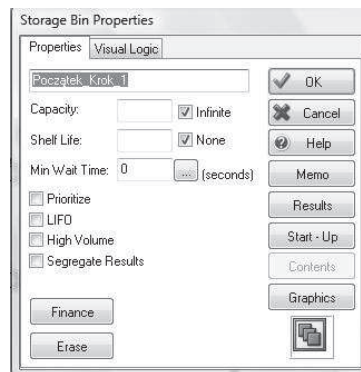
Rys. 6. Panel definicji parametrów wejściowych dla Work Center

Fig. 6. WorkCenter input parameters panel

Kolejka zadań do procesu (Storage bin)

Poniżej przedstawiony jest panel służący do definiowania danych kolejki, czyli obiektu, który znajduje się przed wejściem do każdego z kroków procesu, nie będącego blokiem decyzyjnym.

Za pomocą tego panelu można definiować parametry kolejki takie jak: pojemność kolejki, czas oczekiwania, rodzaj kolejki (LIFO, Priorytetowa itp.).

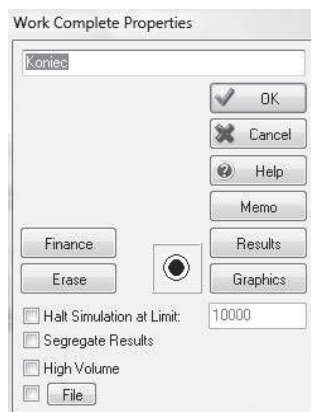


Rys. 7. Panel właściwości dla Storage Bin

Fig. 7. Storage Bin Properties

Element końcowy (Work Complete)

Panel elementu końcowego nie posiada zbyt wielu opcji, które można definiować. Można za jego pomocą ustawić koszty wejścia do tego elementu oraz typy kolejek wyjściowych. Widok przedstawiający ten element znajduje się poniżej:



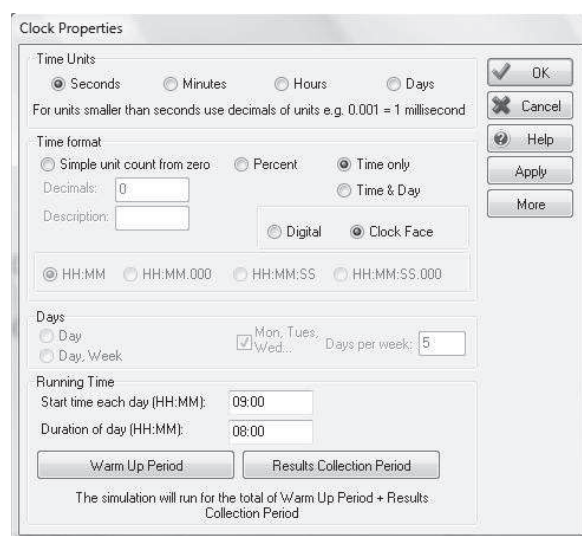
Rys. 8. Panel właściwości dla Work Complete

Fig. 8. Work Complete Properties

Zegar symulacji (Clock)

Niezwykle ważne z punktu widzenia symulacji jest ustawienie zegara symulacji, gdzie można wybrać jednostkę czasu w jakiej będzie przeprowadzana symulacja, sposób wyświetlania czasu, czy też zakres godzinowy czasu w jakim ma się odbywać symulacja. Ustawienia te są ważne, ponieważ dzięki nim symulacja może odbywać się w bardziej zbliżonych do rzeczywistych warunkach.

Poniżej znajduje się panel służący do definiowania parametrów zegara.



Rys. 9. Panel właściwości dla Clock

Fig. 9. Clock Properties

7 Przeprowadzenie serii eksperymentów dla utworzonego modelu

Mając zaimportowany w SIMUL8 model z PowerDesigner'a, a także zdefiniowane dane wejściowe oraz parametry symulacyjne, w kolejnym kroku przeprowadza się eksperymenty symulacyjne.

W aplikacji SIMUL8 jest kilka opcji uruchomienia symulacji:

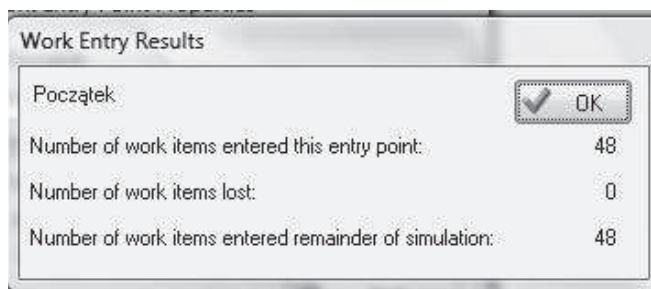
- Run –uruchomienie pojedynczego eksperymentu,
- Run with new random numbers,
- Trial (multiple runs)- uruchomienie serii eksperymentów, z których potem liczone są statystyki,
- Run max speed to full time.

Za pomocą dostępnego w aplikacji suwaka „Speed” można regulować prędkością symulacji. Przy najmniejszej prędkości można dokładnie zaobserwować jakimi ścieżkami poruszają się kolejne zadania.

8 Analiza wyników i sformułowanie wniosków

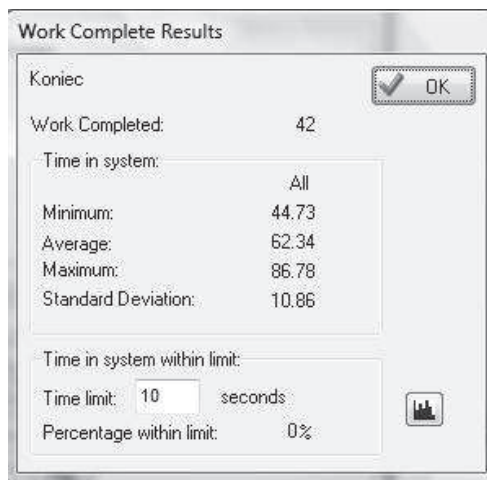
Po przeprowadzeniu serii eksperymentów symulacyjnych w programie SIMUL8 można w prosty sposób obejrzeć wyniki symulacji dla każdego obiektu oddzielnie oraz statystyki i wykresy dla wszystkich elementów.

W panelach służących do definiowania parametrów każdego z elementów znajduje się przycisk „Result” po użyciu którego widoczne są ekrany z wynikami dla poszczególnych elementów modelu:



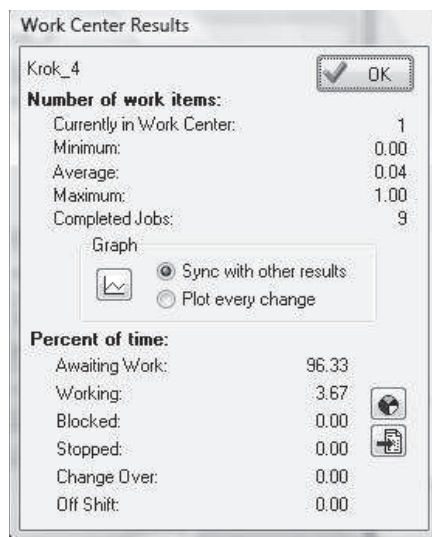
Rys. 10. Widok wyników symulacji dla Work Entry

Fig. 10. Work EntryResults



Rys. 11. Widok wyników symulacji dla Work Complete

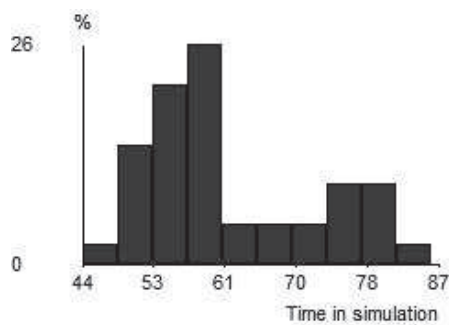
Fig. 11. Work Complete Results



Rys. 12. Widok wyników symulacji dla Work Center

Fig. 12. Work Center Results

W tych polach widać ile elementów weszło do systemu, ile wyjąć zakończyło się sukcesem a ile porażką, ile zadań po zakończeniu symulacji pozostało w systemie nie zakończonych, jakie były czasy przebywania zadań w systemie, jakie były stany danego kroku procesu (ile czasu pracował, ile oczekiwał na zadanie, ile zadań które weszło zostało wykonanych i poszło dalej a ile zostało zablokowanych itp.). Dodatkowo można oglądać wyniki zaprezentowanie za pomocą wykresów:



Rys. 13. Wykres czasów przebywania zadań w systemie

Fig. 13. Graph of tasks times in the system



Rys. 14. Wykres czasów pracy dla wybranego kroku procesu
Fig. 14. Graph of work times for selected process step

Na wykresach można zobaczyć m.in. jaki procent czasu dany krok procesu oczekiwał na zadania, ile pracował itp. (Rys. 14.) Można także sprawdzać jaki procent zadań został wykonany w jakim średnim czasie (Rys. 13.).

Poza wynikami dostępnymi z paneli poszczególnych elementów modeli w aplikacji SIMUL8 jest zakładka „Result”, w której zawartych jest wiele opcji obejrzenia uzyskanych wyników. Można oglądać wyniki dla wielu kroków procesu jednocześnie, analizując ich czasy pracy rozłożone w czasie lub procentowo. Przykład takiego wykresu przedstawiony jest poniżej.



Rys. 15. Wykres czasów pracy dla kilku wybranych kroków procesu
Fig. 15 Graph of work times for several selected process steps

Dodatkowo można oglądać wyniki statystyczne dla wszystkich elementów modelu po przeprowadzonym eksperymencie. Wyniki można obejrzeć dla pojedynczego eksperymentu (Rys. 16.) oraz dla serii eksperymentów, gdzie dodatkowo liczone są parametry dla wielu eksperymentów (Rys. 17.).

Wyniki te widoczne są na poniższych widokach.

| | | Result |
|----------|-----------------------|--------|
| Początek | Number Entered | 55.00 |
| | Number Lost | 0.00 |
| Krok_1 | Number Completed Jobs | 55.00 |
| | Waiting % | 77.98 |
| | Working % | 22.02 |
| | Blocked % | 0.00 |
| Krok_2 | Number Completed Jobs | 55.00 |
| | Waiting % | 76.14 |
| | Working % | 23.86 |
| | Blocked % | 0.00 |
| Krok_3 | Number Completed Jobs | 55.00 |
| | Waiting % | 77.45 |
| | Working % | 22.55 |
| | Blocked % | 0.00 |
| Krok_4 | Number Completed Jobs | 17.00 |
| | Waiting % | 92.83 |
| | Working % | 7.17 |

Rys. 16. Wyniki symulacji dla pojedynczego eksperymentu

Fig. 16. Results summary of one experiment

| | | Low 95% Range | Average Result | High 95% Range |
|----------|-----------------------|---------------|----------------|----------------|
| Początek | Number Entered | 44.02 | 49.80 | 55.58 |
| | Number Lost | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Krok_1 | Number Completed Jobs | 43.29 | 49.20 | 55.11 |
| | Waiting % | 77.05 | 79.23 | 81.42 |
| | Working % | 18.58 | 20.77 | 22.95 |
| | Blocked % | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Krok_2 | Number Completed Jobs | 43.11 | 49.00 | 54.89 |
| | Waiting % | 76.59 | 79.44 | 82.28 |
| | Working % | 17.72 | 20.56 | 23.41 |
| | Blocked % | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Krok_3 | Number Completed Jobs | 42.23 | 48.60 | 54.97 |
| | Waiting % | 77.35 | 79.66 | 81.97 |
| | Working % | 18.03 | 20.34 | 22.65 |
| | Blocked % | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Krok_4 | Number Completed Jobs | 9.88 | 14.00 | 18.12 |
| | Waiting % | 92.64 | 94.37 | 96.10 |
| | Working % | 3.90 | 5.63 | 7.36 |
| | Blocked % | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

Rys. 17. Wyniki symulacji dla serii eksperymentów

Fig. 17. Results summary of experiments' series

Po zebraniu wyników symulacji i z analizie tych wyników należy zdecydować czy uzyskane wyniki są zadowalające, czy też nie. Jeśli uzyskane wyniki nie spełniają założeń, należy zweryfikować cały model, jego dane wejściowe i parametry, a następnie

zmodyfikować model i ponownie przeprowadzić eksperymenty dla nowego modelu. Proces ten należy powtarzać, aż do momentu uzyskania wyników zadowalających, czyli takich, które spełniają założenia dla systemu.

9 Podsumowanie

Metodyka symulacyjnego badania własności ścieżek klinicznych jako systemów typu workflow przedstawiona w opracowaniu pokazuje w jaki sposób badać systemy workflow z punktu widzenia ich własności.

Metodyka została stworzona w oparciu o oprogramowanie Sybase PowerDesigner Version 15.0.0.2007 oraz SIMUL8 Version 14.0. Obydwie aplikacje mają wbudowane funkcjonalności pozwalające na integrację rozwiązań stworzonych za ich pomocą. Prowadzi to do tego, że modele stworzone w PowerDesigner są automatycznie eksportowane do SIMUL8. Dzięki temu bez potrzeby przekształcania modelu, po nadaniu mu parametrów symulacyjnych oraz zdefiniowaniu danych wejściowych można prowadzić eksperymenty symulacyjne. W przypadku uzyskania wyników niezadowalających w dość prosty sposób można zmienić model, a następnie ponownie zasymulować jego działanie w SIMUL8.

Koszty takich działań są dużo niższe, aniżeli koszty wprowadzenia modelu do organizacji i sprawdzania jego funkcjonowania w środowisku rzeczywistym.

Można zauważyć, że ogromnymi plusami zaproponowanej metodyki symulacyjnego badania systemów typu workflow są: jej prostota, która dopuszcza wprowadzanie modyfikacji modeli bez konieczności ich budowy od podstaw oraz to, że metoda nie wymaga tworzenia odrębnego modelu symulacyjnego, ponieważ jest on automatycznie tworzony na podstawie modelu biznesowego.

Dzięki zastosowaniu takiego rozwiązania możliwe jest odpowiednie dostosowanie i zoptymalizowanie ścieżek klinicznych, bez potrzeby wdrażania ich w rzeczywistym świecie. Działanie to znacznie ogranicza koszty budowy i dostosowywania ścieżek klinicznych do rzeczywistości.

Literatura

1. Shalliker J., Ricketts Ch.: *An Introduction to SIMUL8*. 2006
2. Ciszak O.: *Komputerowo wspomagane modelowanie i symulacja procesów produkcyjnych*.
3. Bliźniuk G.: *Ranking inicjatyw standaryzacyjnych i dobów zestawu standardów kluczowych do dalszych etapów realizacji projektu*. Praca zrealizowana w ramach projektu POIG.01.03.01-00-145/08

Streszczenie

Praca opisuje metodę symulacyjnego badania ścieżek klinicznych jako systemów klasy WorkFlow. Do badania wykorzystano PowerDesigner jako narzędzie do modelowania ścieżek klinicznych oraz SIMUL8 jako narzędzie do symulacyjnego badania cech zamodelowanych ścieżek klinicznych. Praca zawiera elementy pokazujące właściwości używanych narzędzi jako odpowiednich do modelowania, badania cech poprzez eksperymenty oraz analizowania otrzymanych wyników.

Simulation of clinical pathways in PowerDesigner and SIMUL8

Summary

In this work clinical pathways are describes by Workflow model. There pathways are analysed during simulation investigation. PowerDesigner environment is used for clinical pathways modeling as well as SIMUL8 is used for clinical pathways simulation. Properties of such tools as PowerDesigner and SIMUL8 for modeling and simulation are shown. The method for result obtaining and analysis is describes and evaluated.

Praca zrealizowana w ramach projektu badawczo-rozwojowego pt. „Modelowanie repozytorium i analiza efektywności informacyjnej wytycznych i ścieżek klinicznych w służbie zdrowia” nr ref.: POIG.01.03.01-00-145/08 dofinansowanego ze środków Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka”.

Praca naukowa częściowo finansowana ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego i Budżetu Państwa w ramach Zintegrowanego Programu Operacyjnego Rozwoju Regionalnego, Działania 2.6 „Regionalne Strategie Innowacyjne i transfer wiedzy” projektu własnego Województwa Mazowieckiego „Mazowieckie Stypendium Doktoranckie”