

TADEUSZ NOWICKI, ROBERT WASZKOWSKI

Wydział Cybernetyki  
Wojskowa Akademia Techniczna

## Modele i metody planowania wybranych działań powiatowej inspekcji sanitarnej<sup>1</sup>

### 1. Wstęp

Planowanie działań inspekcji sanitarnej związanych z epidemią chorób przenoszonych drogą pokarmową jest zagadnieniem decyzyjnym zarówno ciekawym, jak i trudnym. W pracy pokazana jest koncepcja planowania podstawowego typu działań inspektorów sanitarnych polegających na harmonogramowaniu wywiadów przeprowadzanych z osobami, które uległy zatruciu chorobą przenoszoną drogą pokarmową w trakcie trwania epidemii takiej choroby. Zadania decyzyjne umiejscowione są tu w procesach biznesowych odnoszących się do aktywności służb sanitarnych. Przeobrażone są one w oprogramowanie wspomagające działania tych służb. Do oprogramowania są dołączone w postaci tzw. wtyczek solwery ustalające optymalne harmonogramy działań inspektorów sanitarnych w zakresie realizacji wywiadów z chorymi. Podstawowym elementem w tego typu podejściu jest opracowanie procesów biznesowych odpowiadających działaniom inspekcji sanitarnej. Podkreśla się tu przede wszystkim dynamikę tych procesów<sup>2</sup>. Rozpatrywane w pracy procesy mają odniesienie do działań medycz-

---

<sup>1</sup> Praca powstała w wyniku realizacji projektu PBS1/A7/6/2012 finansowanego przez NCBiR.

<sup>2</sup> T. Gzik, *Dynamiczne aspekty procesów biznesowych*, w: *Programy, projekty, procesy 2013*, red. M. Wirkus, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej (w druku).

nych<sup>3</sup>. Analizuje się je w szerszym kontekście informatyzacji służb publicznych<sup>4</sup>. Uwzględnia się przy tym liczne problemy związane m.in. z interoperacyjnością powstałych systemów<sup>5</sup>. Modelując działania inspekcji sanitarnej, zakłada się często, że stosowane są w niej systemy informatyczne. Występują tam platformy integracyjne<sup>6</sup> dla tych systemów, których profile muszą być jednoznacznie odwzorowane<sup>7</sup>. W związku z tym, że służby sanitarne są elementem administracji publicznej, realizacja procesów biznesowych coraz częściej jest umiejscowiona w tzw. chmurach obliczeniowych<sup>8</sup>, wówczas jednym z naczelných problemów staje się utrzymanie poufności zawartych tam informacji<sup>9</sup>.

W pracy rozważa się problem modelowania i planowania działań służb sanitarnych. Opisano procesy biznesowe, w których zostały umiejscowione zadania harmonogramowania wywiadów inspektorów sanitarnych z chorymi, którzy ulegli zatruciu chorobą przenoszoną drogą pokarmową w trakcie trwania epidemii. Skonstruowane zostały modele i zadania związane z planowaniem działań inspektorów sanitarnych.

## 2. Procesy biznesowe powiatowej inspekcji sanitarnej wspierane systemami wspomaganie decyzji

Podstawowym procesem biznesowym związanym z działaniami inspektorów sanitarnych jest proces odpowiadający wywiadowi epidemiologicznemu (rysunek 1).

---

<sup>3</sup> G. Bliźniuk, T. Gzik, J. Koszela, *Dynamiczne ścieżki kliniczne*, „Biuletyn” WAT, nr 1, Wydawnictwo WAT, Warszawa 2013, s. 129–141.

<sup>4</sup> G. Bliźniuk, J.S. Nowak, *Spółeczeństwo informacyjne, doświadczenia i przyszłość*, Polskie Towarzystwo Informatyczne, Oddział Górnośląski, Katowice 2006.

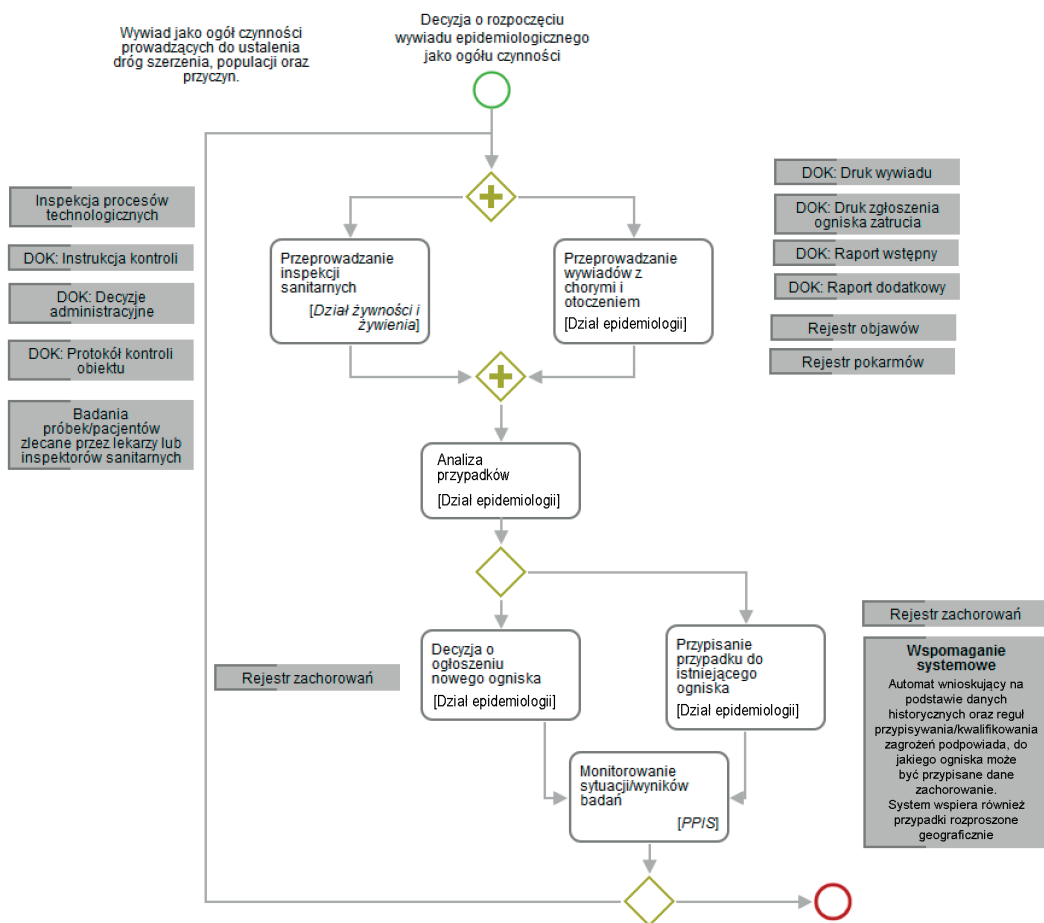
<sup>5</sup> G. Bliźniuk, *O kilku warunkach zapewniających interoperacyjność systemów informacyjnych i informatycznych*, „Biuletyn” Instytutu Systemów Informatycznych, nr 3, Warszawa 2009, s. 13–18.

<sup>6</sup> T. Górski, *Architectural view model for an integration platform*, „Journal of Theoretical and Applied Computer Science” 2012, vol. 6, no. 1, s. 25–34.

<sup>7</sup> T. Górski, *UML Profiles for integration platform architecture description*, „Biuletyn” WAT, nr 2, Wydawnictwo WAT, Warszawa 2013.

<sup>8</sup> B. Szafrąński, *Czy cyfrowa chmura zmieni fundament działalności władzy publicznej*, w: *Internet – przetwarzanie w chmurach*, red. G. Szpor, C.H. Beck, Warszawa 2013.

<sup>9</sup> B. Szafrąński, *Ochrona informacji – problemy nie tylko projektów*, w: *Internet – prawno-informatyczne problemy sieci, portali, e-usług*, red. G. Szpor, W.R. Wiewiórowski, C.H. Beck, Warszawa 2012.



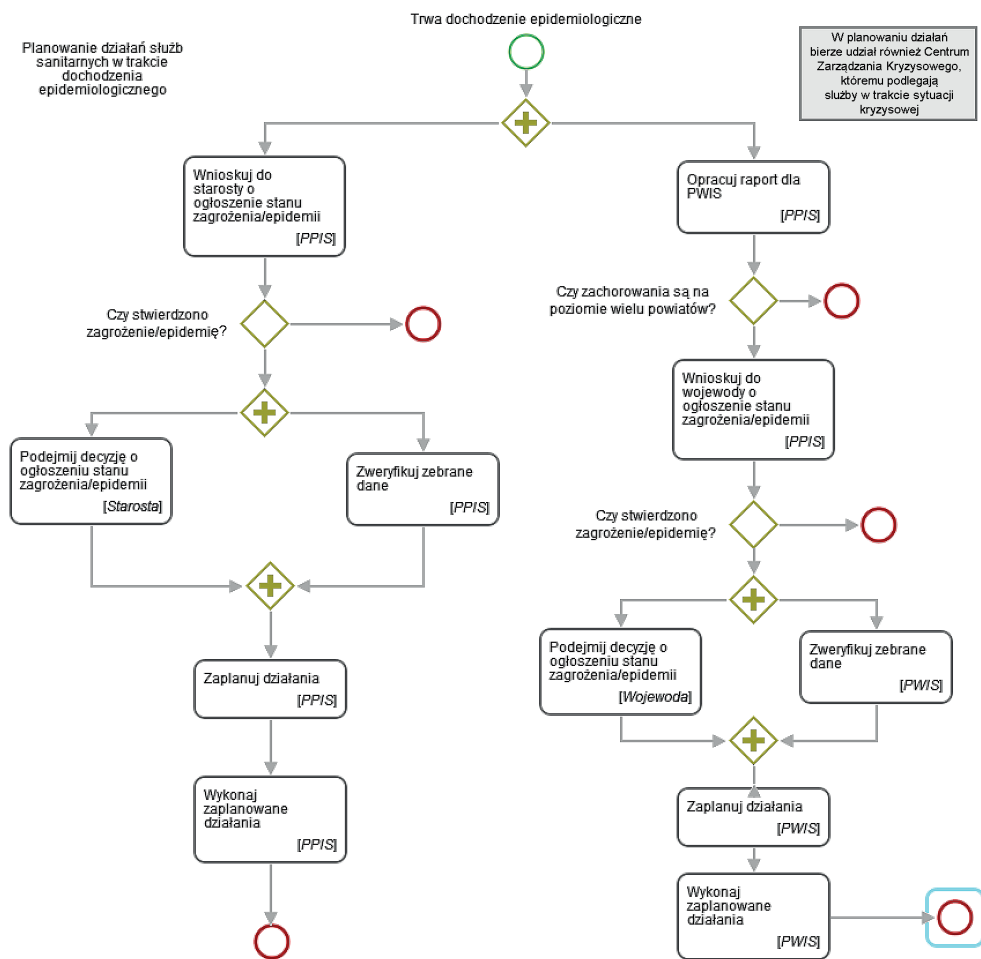
Rysunek 1. Diagram procesu biznesowego wywiadu epidemiologicznego

Źródło: opracowanie własne.

Proces ten umożliwia przeprowadzenie wywiadu z chorym oraz jego otoczeniem, a także przeprowadzenie inspekcji sanitarnych w miejscach, skąd może pochodzić zakażona żywność. Wywiad ma na celu określenie patogenu chorobotwórczego oraz potencjalnych źródeł pochodzenia zakażonej żywności. Czynności są wykonywane w kontekście zgłoszonego zachorowania lub podejrzenia zachorowania. Na podstawie przeprowadzonych wywiadów i inspekcji może zostać podjęta decyzja o utworzeniu nowego ogniska choroby lub też przypisanie zachorowania do istniejącego ogniska. Opis tego procesu biznesowego jest następujący:

- Dział żywności i żywienia wykonuje zadanie „Przeprowadzenie inspekcji sanitarnych”. Zadanie polega na przeprowadzeniu inspekcji procesów technologicznych wytwarzania żywności oraz badaniu próbek żywności.
- Dział epidemiologii wykonuje zadanie „Przeprowadzenie wywiadów z chorymi i otoczeniem”. Zadanie polega na przeprowadzeniu wywiadu z chorym i jego otoczeniem w celu określenia występujących objawów u chorego, spożytych przez niego potraw oraz kolejnych osób, które miały kontakt z tymi potrawami.
- Dział epidemiologii wykonuje zadanie „Analiza przypadków”. Zadanie sro- wadza się do analizy zachorowania w celu podjęcia decyzji, czy zachorowanie dotyczy istniejącego ogniska choroby, czy też może to być nowe ognisko.
- Dział epidemiologii wykonuje zadanie „Decyzja o ogłoszeniu nowego ogni- ska”. Zadanie polega na ogłoszeniu nowego ogniska choroby lub zakażenia dla analizowanego patogenu.
- Dział epidemiologii realizuje zadanie „Przypisanie przypadku do istniejącego ogniska”. Podczas realizacji tego zadania, na podstawie danych historycznych oraz reguł wnioskowania, system podpowiada, z jakim ogniskiem choroby może być związane zachorowanie. Operator podejmuje decyzję o ognisku, do którego zostanie przypisane zachorowanie.
- PPIS (państwowy powiatowy inspektor sanitarny) wykonuje zadanie „Mo- nitorowanie sytuacji i wyników badań”. Na podstawie przeprowadzonych badań PPIS podejmuje decyzję o zakończeniu wywiadu lub też zleca ponowne przeprowadzenie wywiadu epidemiologicznego.

Kolejnym procesem biznesowym związanym z działaniami inspektorów sanitarnych jest proces odpowiadający planowaniu działań służb sanitarnych w trakcie dochodzenia epidemiologicznego. Proces ten umożliwia zaplanowanie działań przeciwepidemicznych lub przeciw zagrożeniu realizowanych przez służby sanitarne w trakcie dochodzenia epidemiologicznego. W trakcie docho- dzenia epidemiologicznego należy m.in. informować o stanie prac w tym zakre- sie odpowiednie urzędy, jak również zaplanować działania służb sanitarnych, wynikające z oceny bieżącej sytuacji. Diagram procesu biznesowego planowania działań służb sanitarnych w trakcie dochodzenia epidemiologicznego, w którym występują w jawnej postaci zadania harmonogramowania działań inspektorów sanitarnych, przedstawiony został na rysunku 2.



Rysunek 2. Diagram procesu biznesowego planowania działań służb sanitarnych w trakcie dochodzenia epidemiologicznego

Źródło: opracowanie własne.

Opis tego procesu biznesowego jest następujący:

- PPIS realizuje zadanie „Wnioskowanie do starosty o ogłoszenie stanu zagrożenia lub epidemii”. Wnioskowanie odbywa się przez rozmowę telefoniczną lub przesłanie e-maila.
- PPIS wykonuje zadanie „Zweryfikuj zebrane dane”.
- Starosta podejmuje decyzję o ogłoszeniu stanu zagrożenia lub epidemii. W tym celu przekazuje do inspekcji sanitarnej pismo z decyzją. W zadaniu należy podjąć właściwą decyzję, która wpłynie na sterowanie bramką. Decyzja będzie dotyczyć występowania zagrożenia lub epidemii.

- PPIS realizuje zadanie „Zaplanuj działania”. W zależności od złożoności sytuacji decyduje się odpowiednio o podjęciu działań przeciwepidemicznych lub przeciw zagrożeniu.
- Na koniec PPIS realizuje zadanie „Wykonaj zaplanowane działania”. Jest to wiele różnorodnych działań, które podejmuje inspektor sanitarny. Działania te są w odpowiedni sposób dokumentowane w repozytorium i rejestrach związanych z danym dochodzeniem w ognisku.

W kolejnej części artykułu zostanie omówione podstawowe zadanie wyznaczania harmonogramu wywiadów inspektorów sanitarnych z chorymi.

### 3. Zadanie decyzyjne harmonogramowania działań inspektorów sanitarnych

Przyjmijmy, że:

$\mathbf{P} = \{1, 2, 3, \dots, p, \dots, P, \}$  – zbiór numerów pacjentów ze zdiagnozowaną chorobą przewodu pokarmowego,

$\mathbf{S} = \{1, 2, 3, \dots, s, \dots, S, \}$  – zbiór numerów inspektorów sanitarnych.

Zakładamy, że średni czas realizacji wywiadu prowadzonego przez inspektora sanitarnego z pacjentem jest znany i określony przez zmienną  $\tau$ . W związku z tym, że mamy do czynienia z różnymi odległościami, jakie muszą pokonać inspektorzy udający się do poszczególnych pacjentów, trzeba do tego czasu dodać czas potrzebny na dojazd. Znając lokalizację pacjentów i miejsce służby inspektora sanitarnego, możemy oszacować czas dojazdu inspektora do pacjenta i dodać go do czasu trwania wywiadu. W ten sposób otrzymujemy macierz  $\mathbf{C}$ :

$$\mathbf{C} = [c_{sp}]_{S \times P},$$

gdzie  $c_{sp}$  jest czasem potrzebnym na realizację wywiadu przez  $s$ -tego inspektora sanitarnego z  $p$ -tym pacjentem.

Mamy też założenie, że znany jest horyzont działań inspektorów sanitarnych  $\mathbf{T}$ , mierzony w godzinach, który można otrzymać, szacując maksymalny czas potrzebny na realizację wywiadów. Można tego dokonać, przypisując inspektorom wywiady z pacjentami najdalej od nich rozmieszczonymi.

### 3.1. Zmienne decyzyjne

Jako decyzję odnoszącą się do sposobu realizacji projektu ustala się macierz  $\mathbf{X}$ :

$$\mathbf{X} = [x_{spt}]_{S \times P \times T},$$

gdzie  $x_{spt}$  równa się 1, gdy  $s$ -ty inspektor sanitarny ma realizować wywiad z pacjentem  $p$ -tym w godzinie  $t$ -tej, a zmienna ta równa się 0 w przeciwnym przypadku.

### 3.2. Ograniczenia na zmienne decyzyjne

Ustalmy ograniczenia na zmienne decyzyjne:

- Każde zadanie musi być zrealizowane

$$\sum_{s=1}^S \sum_{t=1}^T x_{spt} \geq 1, \quad p = \overline{1, P},$$

- Każdy inspektor sanitarny musi zrealizować co najmniej jeden wywiad

$$\sum_{t=1}^T \sum_{p=1}^P x_{spt} \geq 1, \quad s = \overline{1, S},$$

- W jednej chwili inspektor sanitarny może realizować tylko jeden wywiad

$$\sum_{s=1}^S \sum_{p=1}^P x_{spt} \leq 1, \quad t = \overline{1, T},$$

- Wywiad nie może być przerywany innymi wywiadami

$$\sum_{k=1}^{c_{sp}} x_{spt+k} \geq c_{sp} (x_{spt+1} - x_{spt}), \quad t = 1, \dots, T - c_{sp}, s = \overline{1, S}, p = \overline{1, P},$$

- Ustalony został warunek na binarność zmiennych decyzyjnych

$$x_{spt} \in \{0, 1\}, \quad t = \overline{1, T}, s = \overline{1, S}, p = \overline{1, P}.$$

### 3.3. Kryterium wyboru optymalnego harmonogramu

Formalnie otrzymujemy kryterium postaci:

$$G(X^*) = \min_X \max \{t \cdot x_{spt}\}.$$

Kryterium to można zastąpić równoważną, liniową postacią:

$$F(X^*, g) = \min g$$

z dodatkowymi liniowymi ograniczeniami

$$g \geq x_{spt}, \quad t = \overline{1, T}, s = \overline{1, S}, p = \overline{1, P}.$$

### 3.4. Koncepcja rozwiązania zadania

Zadanie to jest zadaniem liniowym binarnym, które można rozwiązać metodami programowania liniowego matematycznego, np. metodą Balasa. Trzeba jednak zwrócić uwagę na to, że jest to zadanie o dużej liczbie zmiennych decyzyjnych, zatem możliwe jest jego rozwiązanie w rozsądnie krótkim czasie jedynie dla zadań o niedużej liczbie inspektorów sanitarnych, pacjentów i godzin w horyzoncie czasowym. Faktycznie w praktycznych przypadkach można przyjąć, że liczba inspektorów w PPIS skierowanych do realizacji wywiadów wynosi od 4 do 5. Liczba przewidywanych wywiadów również nie jest duża, nie przekracza 30–50. Harmonogram ustala się na 2–3 dni, zatem horyzont czasowy to około 70 godzin. W takich przypadkach można rozwiązywać sformułowane zadanie optymalizacji algorytmami programowania matematycznego z dobrym skutkiem.

Powstaje jednak pytanie: co zrobić, jeśli epidemia jest na tyle duża, że liczba zakażeń patogenem jest olbrzymia, liczba inspektorów sanitarnych zwiększona dzięki „ściągnięciu” ich z sąsiednich PPIS oraz zakłada się większy horyzont czasowych działań sanitarnych? W takim przypadku należy sformułować zmodyfikowane zadanie harmonogramowania wywiadów przez inspektorów sanitarnych, co zostanie przedstawione w kolejnym wariancie zadania harmonogramowania.



## 4. Zmodyfikowane zadanie decyzyjne harmonogramowania działań inspektorów sanitarnych

Przyjmijmy, że:

$\mathbf{P} = \{1, 2, 3, \dots, p, \dots, P\}$  – zbiór numerów pacjentów ze zdiagnozowaną chorobą przewodu pokarmowego,  $\mathbf{S} = \{1, 2, 3, \dots, s, \dots, S\}$  – zbiór numerów inspektorów sanitarnych.

Zakładamy, że średni czas realizacji wywiadu prowadzonego przez inspektora sanitarnego z pacjentem jest znany i określony przez zmienną  $\tau$ . W związku z tym, że mamy do czynienia z różnymi odległościami, jakie muszą pokonać inspektorzy udający się do poszczególnych pacjentów, trzeba do tego czasu dodać czas potrzebny na dojazd. Znając lokalizację pacjentów i miejsce służby inspektora sanitarnego, możemy oszacować czas dojazdu inspektora do pacjenta i dodać go do czasu trwania wywiadu. W ten sposób otrzymujemy macierz  $\mathbf{C}$ :

$$\mathbf{C} = [c_{sp}]_{S \times P},$$

gdzie  $c_{sp}$  jest czasem potrzebnym na realizację wywiadu przez  $s$ -tego inspektora sanitarnego z  $p$ -tym pacjentem. W wariacie drugim można przyjąć, że poszczególne wywiady realizowane przez inspektorów sanitarnych mogą być powiązane z innymi wywiadami w ten sposób, że istnieje konieczność realizacji dowolnego z wywiadów przed wywiadem wcześniej zrealizowanym, ukończonym. Poprzedzanie wywiadów w projekcie może być opisane przez macierz  $\mathbf{D}$ :

$$\mathbf{D} = [d_{p_1 p_2}]_{P \times P},$$

przy czym element  $d_{p_1 p_2}$  jest równy 1, gdy wywiad z pacjentem  $p_1$ -tym musi być poprzedzony wywiadem z pacjentem  $p_2$ -tym. Rzadko zachodzi taka konieczność, jednak w przypadku zaplanowanych rozmów z członkami rodzin pacjenta realizacja tego warunku może okazać się potrzebna.

### 4.1. Zmienne decyzyjne

Jako decyzję odnoszącą się do sposobu realizacji projektu ustala się parę macierz–wektor  $(\mathbf{X}, \mathbf{T})$ , przy czym macierz  $\mathbf{X}$  ma postać

$$\mathbf{X} = [x_{sp}]_{S \times P},$$

gdzie  $x_{sp}$  równa się 1, gdy  $s$ -ty inspektor sanitarny realizuje wywiad z  $p$ -tym pacjentem, oraz wektor  $\mathbf{T}$  ma postać

$$T = [t_1, \dots, t_p, \dots, t_p],$$

gdzie  $t_p$  jest chwilą (planowany z dokładnością do godziny) rozpoczęcia wywiadu z  $p$ -tym pacjentem.

Model ten ma podstawową zaletę: nie trzeba w tym przypadku uwzględniać warunku, że wywiad nie może być przerywany innymi wywiadami. Ponadto liczba zmiennych decyzyjnych zmniejszyła się diametralnie i wynosi jedynie  $S \cdot P + P$ , a nie tak jak w poprzednim przypadku  $S \cdot P \cdot T$ .

## 4.2. Ograniczenia na zmienne decyzyjne

Ustalmy zatem ograniczenia na zmienne decyzyjne:

- Każdy wywiad musi być zrealizowany i to dokładnie przez jednego inspektora

$$\sum_{s=1}^S x_{sp} = 1, \quad p = \overline{1, P},$$

- Każdy inspektor sanitarny musi zrealizować co najmniej jeden wywiad

$$\sum_{p=1}^P x_{sp} \geq 1, \quad s = \overline{1, S},$$

- Uwzględnione musi być poprzedzanie wywiadów

$$t_{p_1} \geq d_{p_1 p_2} \left[ t_{p_2} + \sum_{s=1}^S x_{sp_2} c_{sp_2} \right], \quad p_1, p_2 = \overline{1, P},$$

- Inspektor sanitarny może realizować w dowolnej chwili jedynie jeden wywiad. Aby rozwiązać ten problem, należy rozpatrzyć następujące dwa przypadki. Zaważmy, że jeśli zachodzą opisane niżej przypadki dla konkretnych  $p_1$  oraz  $p_2$ :

$$t_{p_2} \geq t_{p_1}, \quad p_1, p_2 = \overline{1, P},$$

to oznacza, że początek realizacji wywiadu z pacjentem  $p_1$  należy umieścić na osi czasu przed początkiem rozpoczęcia wywiadu z pacjentem  $p_2$

$$t_{p_1} + \sum_{s=1}^S x_{sp_1} c_{sp_1} \geq t_{p_2}, \quad p_1, p_2 = \overline{1, P}$$

oraz że koniec wywiadu z pacjentem  $p_1$  należy umieścić na osi czasu po chwili rozpoczęcia wywiadu z pacjentem  $p_2$ . Koniunkcja tych zdarzeń oznacza, że w trakcie realizacji wywiadu z pacjentem  $p_1$  rozpoczyna się wywiad z pacjentem  $p_2$ , zatem na pewnym odcinku czasu trwają one razem. Przypadek taki nie może być akceptowany, jeśli wywiady te realizuje ten sam inspektor sanitarny.

Warunek

$$a \geq b$$

można rozpisać jako układ nierówności:

$$\begin{aligned} a + (1 - e)M &\geq b \\ b + Me &\geq a \end{aligned}$$

gdzie  $M$  jest odpowiednio dużą liczbą, a  $e$  jest liczbą binarną,  $e \in \{0, 1\}$ . Jeśli oba warunki są jednocześnie spełnione, to  $e = 1$ . Stąd spełnienie obu warunków opisanych w następujący sposób:

$$\begin{aligned} t_{p_2} + (1 - e_1)M &\geq t_{p_1}, \quad p_1, p_2 = \overline{1, P} \\ t_{p_1} + e_1M &\geq t_{p_2}, \quad p_1, p_2 = \overline{1, P} \\ t_{p_1} + \sum_{s=1}^S x_{sp_1} c_{sp_1} (1 - e_2)M &\geq t_{p_2}, \quad p_1, p_2 = \overline{1, P} \\ t_{p_2} + e_2M &\geq t_{p_1} + \sum_{s=1}^S x_{sp_1} c_{sp_1}, \quad p_1, p_2 = \overline{1, P} \end{aligned}$$

spowoduje uzyskanie dwóch wartości  $e_1 = e_2 = 0$ .

Założmy teraz, że analizujemy dwie zmienne  $e^1 = 1 - e_1$  oraz  $e^2 = 1 - e_2$ . Wtedy spełnienie tych czterech układów nierówności, liniowych z punktu widzenia zmiennych decyzyjnych, da nam warunki: układy nierówności  $e^1 = 1$  oraz  $e^2 = 1$ . Jeśli uznamy, że są to kolejne zmienne decyzyjne, to warunek dotyczący braku jednoczesnej realizacji obu wywiadów przez tego samego inspektora sanitarnego można zapisać następująco:

$$\sum_{s=1}^S x_{sp_1} e^1 e^2 + \sum_{s=1}^S x_{sp_2} e^1 e^2 \leq 1, \quad p_1, p_2 = \overline{1, P}, s \in S$$

Są to nierówności nieliniowe. Jednak stosując pewien zabieg, można je sprowadzić do nierówności liniowych, mając na uwadze to, że wszystkie zmienne decyzyjne są zmiennymi binarnymi. Wynika to stąd, że jeśli

$$y = \prod_{j \in N'} x_j$$

będzie iloczynem zmiennych binarnych w problemie nieliniowym, gdzie  $N'$  jest zbiorem indeksów zmiennych występujących w tym iloczynie i  $|N'|$  oznacza moc zbioru  $N'$ , to istota linearyzacji polega na zastąpieniu każdego takiego iloczynu zmienną binarną i dodaniu dwu ograniczeń liniowych wiążących wartości tej zmiennej z wartościami tego iloczynu. Przy powyższych oznaczeniach wspomniane ograniczenia przyjmują postać

$$\begin{aligned} \sum_{j \in N'} x_j - y &\leq |N'| - 1 \\ \frac{1}{|N'|} \sum_{j \in N'} x_j - y &\geq 0. \end{aligned}$$

W naszym przypadku zamieniamy każdą trójkę postaci

$$x_{sp_1} e_1^1 e_1^2 \text{ lub } x_{sp_2} e_2^1 e_2^2$$

układem liniowych nierówności

$$\begin{cases} \sum_{j \in N'} x_j - y_1 \leq 2 \\ \frac{1}{3}(x_{sp_2} + e_2^1 + e_2^2) - y_1 \geq 0 \end{cases} \quad \begin{cases} \sum_{j \in N'} x_j - y_2 \leq 2 \\ \frac{1}{3}(x_{sp_2} + e_2^1 + e_2^2) - y_2 \geq 0 \end{cases}$$

W ten sposób, rozbudowując wektor zmiennych decyzyjnych o zmienne typu

$$e_1^1, e_1^2, e_2^1, e_2^2 \text{ oraz } y_1, y_2,$$

doprowadzamy wszystkie ograniczenia, dane w postaci nierówności i równości o zmiennych decyzyjnych binarnych i całkowitoliczbowych, do postaci liniowej. Oczywiście dodać trzeba jeszcze ograniczenia na zmienne decyzyjne postaci: ustalony został warunek na binarność i całkowitoliczbowość zmiennych decyzyjnych

$$\begin{aligned} x_{sp} \in \{0,1\} \quad s = \overline{1,S}, p = \overline{1,P} \\ t_p \in N, \quad p = \overline{1,P}, \end{aligned}$$

gdzie  $N$  jest zbiorem liczb naturalnych,

$y_j \in \{0,1\}$  dla odpowiednich  $j$ ,

$e_j^i \in \{0,1\}$  dla odpowiednich  $i$  oraz  $j$ .

Przyjmijmy, że wszystkie wprowadzone zmienne decyzyjne  $y_j$  zawierają się w wektorze  $Y$ , natomiast zmienne typu  $e_j^i$  zawierają się w wektorze  $E$ .

### 4.3. Kryterium wyboru optymalnego harmonogramu

Formalnie otrzymujemy kryterium postaci

$$G(X^*, T^*) = \min_{X,T,Y,E} \max_p \left\{ t_p + \sum_{s=1}^S x_{sp} c_{sp} \right\}.$$

Kryterium to można zastąpić równoważną, liniową postacią:

$$F(X^*, g) = \min g$$

z dodatkowymi liniowymi ograniczeniami

$$g \geq t_p + \sum_{s=1}^S x_{sp} c_{sp}, \quad p = \overline{1,P}.$$

Dodać oczywiście musimy do tego wszystkie ograniczenia uzyskane i rozbudowane po linearyzacji ich postaci.

### 4.4. Koncepcja rozwiązania zadania

Zadanie to jest zadaniem liniowym mieszanym binarnym i całkowitoliczbowym, które można rozwiązać metodami programowania liniowego matematycznego, np. zmodyfikowaną metodą Gomory'ego. Faktycznie w praktycznych przypadkach można przyjąć, że jeśli liczba inspektorów w PPIS skierowanych

do realizacji wywiadów wynosi od 4 do 5 inspektorów, liczba przewidywanych wywiadów również nie jest duża (nie przekracza 30–50) i harmonogram ustala się na 2–3 dni, zatem horyzont czasowy to około 70 godzin, to w takich przypadkach liczba zmiennych decyzyjnych i liczba ograniczeń nie jest duża, można więc rozwiązywać sformułowane zadanie optymalizacji algorytmami programowania matematycznego z dobrym skutkiem.

## 5. Podsumowanie

Niniejsza praca zawiera opis sposobu modelowania procesów biznesowych działania służb sanitarnych w trakcie działań zmierzających do opanowania epidemii chorób przenoszonych drogą pokarmową i związanych z ustalaniem harmonogramu działań inspektorów sanitarnych. Pokazano też, jak można rozwiązać skonstruowane zadania harmonogramowania. Przedstawiono dwa modele i zadania harmonogramowania działań inspektorów sanitarnych.

## Bibliografia

1. Bertrandt J., Netczuk A., Nowicki T., Tarnawski T., *Modelowanie, symulacja i analiza procesu rozwoju epidemii chorób przenoszonych drogą pokarmową*, „Roczniki” KAE, z. 29, Oficyna Wydawnicza SGH, Warszawa 2013.
2. Bliźniuk G., *O kilku warunkach zapewniających interoperacyjność systemów informacyjnych i informatycznych*, „Biuletyn” Instytutu Systemów Informatycznych, nr 3, Warszawa 2009.
3. Bliźniuk G., Gzik T., Koszela J., *Dynamiczne ścieżki kliniczne*, „Biuletyn” WAT, nr 1, Wydawnictwo WAT, Warszawa 2013.
4. Bliźniuk G., Nowak J.S., *Spółeczeństwo informacyjne, doświadczenia i przyszłość*, Polskie Towarzystwo Informatyczne, Oddział Górnośląski, Katowice 2006.
5. Górski T., *Architectural view model for an integration platform*, „Journal of Theoretical and Applied Computer Science” 2012, vol. 6, no. 1.
6. Górski T., *UML Profiles for integration platform architecture description*, „Biuletyn” WAT, nr 2, Wydawnictwo WAT, Warszawa 2013.
7. Gzik T., *Dynamiczne aspekty procesów biznesowych*, w: *Programy, projekty, procesy 2013*, red. M. Wirkus, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej (w druku).

8. Nowicki T., *The method for solving sanitary inspector's logistic problem*, w: *Production Management – Contemporary Approaches – Selected Aspects*, red. K. Grzybowska, Publishing House of Poznan University of Technology, Poznan 2012.
9. Szafrąński B., *Czy cyfrowa chmura zmieni fundament działalności władzy publicznej*, w: *Internet – przetwarzanie w chmurach*, red. G. Szpor, C.H. Beck, Warszawa 2013.
10. Szafrąński B., *Ochrona informacji – problemy nie tylko projektów*, w: *Internet – prawno-informatyczne problemy sieci, portali, e-usług*, red. G. Szpor, W.R. Wiwiórowski, C.H. Beck, Warszawa 2012.
11. Waszkowski R., Chodowska A., *Modele procesów z wykorzystaniem ścieżek alternatywnych wykorzystywanych w zależności od rezultatów działania podsystemów wspomagania decyzji opartych na modelach dynamicznych oraz symulacji komputerowej*, w: *Modelowanie i symulacja procesów oraz określenie komputerowo wspomaganych procedur w zakresie zarządzania ryzykiem bezpieczeństwa żywności i żywienia*, red. J. Bertrandt, K. Lasocki, BEL Studio, Warszawa 2012.

\* \* \*

## **Models and methods of planning selected activities of poviat sanitary inspection**

### **Summary**

This paper presents business processes in which activities of sanitary inspectors are described. The work of sanitary inspectors is related to foodborne epidemics and it involves setting a schedule of sanitary inspectors' activities. The paper also shows how to achieve task scheduling. Two problems of sanitary inspectors' activities scheduling are presented.

**Keywords:** foodborne diseases, epidemic processes, Decision Support System, optimisation methods