

**Międzynarodowa Konferencja:
ZRÓWNOWAŻONE ZARZĄDZANIE
OBSZARAMI POPRZEMYSŁOWYMI
Kraków - 4-6 listopada 2004**

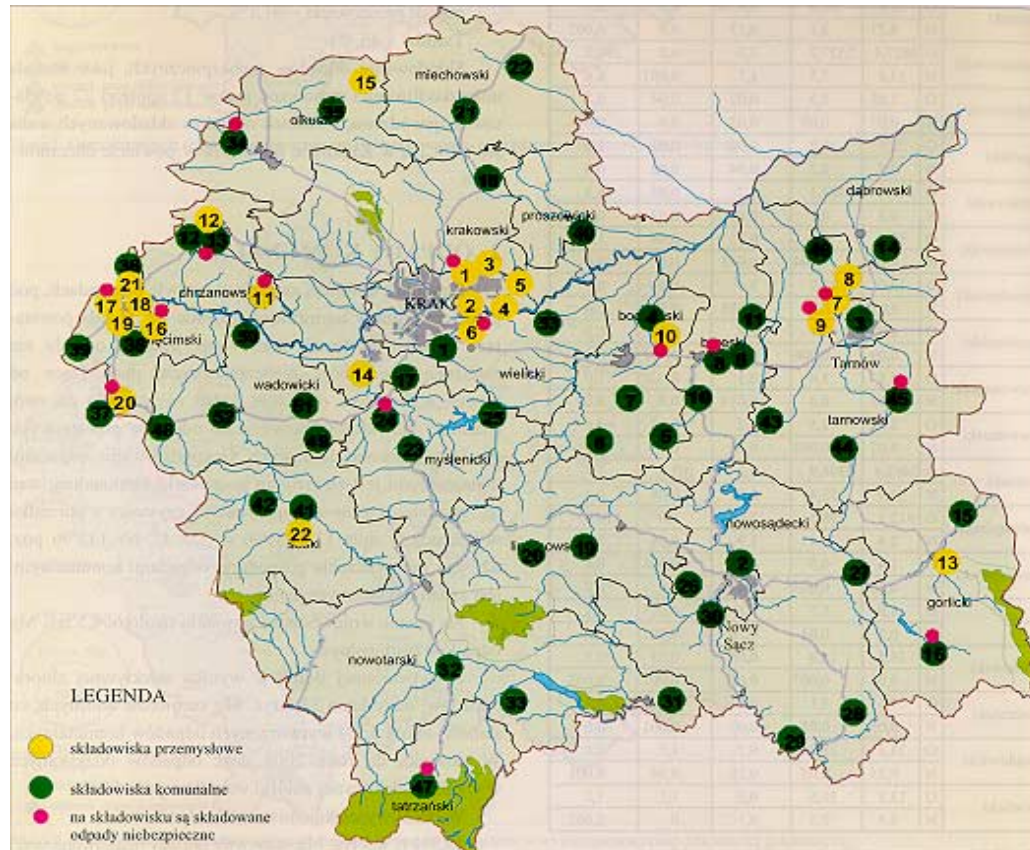
**Zastosowanie Systemu Sterowania Rozproszonego Lonworks jako
Standardu BAT w Zagadnieniach Zrównoważonego Zarządzania
Glebami i Obszarami Przemysłowymi na Przykładzie Składowiska
Odpadów Komunalnych i Przemysłowych**

**Dr inż. Bogusław Bieda
Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
Wydział Zarządzania**

Kraków-Małopolska

- ✦ Kraków, miasto o populacji 850 000 ludności, jest byłą stolicą Polski oraz ważnym centrum europejskiej nauki i kultury
- ✦ W 2002r. 1,3122 milion ton odpadów było składowanych na 75 składowiskach odpadów w Małopolsce, w tym:
 1. 22 to składowiska odpadów przemysłowych
 2. 53 to składowiska odpadów komunalnych
 3. 11 to składowiska odpadów niebezpiecznych

Lokalizacja składowisk odpadów w Małopolsce



Model Programowania Liniowego do Zarządzania Składowiskiem Odpadów

- ✚ Zarządzanie składowiskiem odpadów jest zarządzaniem w warunkach niepewności
- ✚ Często mamy opis stanu obiektu w warunkach występowania niepełnej informacji o obiekcie, a niekiedy ma miejsce brak informacji
- ✚ Przedstawiony w artykule model jest modelem bilansowym obiektu, wykorzystującym programowanie liniowe, całkowitoliczbowe, umożliwiającym równocześnie przeprowadzenie analizy ryzyka, z zastosowaniem programu CristalBall®. Model bilansowy optymalizuje koszt ewentualnej utylizacji odpadów lub skażonego gruntu (gleby), która jest jednym z elementów systemu zrównoważonego zarządzania zasobami glebowymi, obszarami przemysłowymi oraz składowiskami odpadów komunalnych i przemysłowych

Model Programowania Liniowego do Zarządzania Składowiskiem Odpadów

- ✦ Model składowiska odpadów komunalnych i przemysłowych jest modelem probabilistycznym obiektu
- ✦ Wynika to z faktu, że pomiary na obszarze składowiska są mierzone niedokładnie lub nie są mierzone wcale
- ✦ Do rozwiązania problemu podejmowania decyzji w warunkach niepewności służą różne modele zarządzania, wśród których do najważniejszych można zaliczyć:
 1. · modele relacyjne
 - ✦ · modele probabilistyczne
 - ✦ · modele w oparciu o teorie gier (growe)
 - ✦ · modele rozmyte

Model Programowania Liniowego do Zarządzania Składowiskiem Odpadów

- ✚ W artykule opisano model bilansowy, z zastosowaniem programowania całkowitoliczbowego w celu uzyskania efektywnego zarządzania składowiskiem odpadów traktowanym jako obiekt o stałych rozłożonych
- ✚ Dane wejściowe modelu (hipotetyczne) zostały dobrane w oparciu o symulację Monte Carlo z użyciem programu Cristal Ball®
- ✚ Program Cristal Ball® został opracowany przez amerykańską firmę Decisioneering Inc. z Denver w oparciu o model zbudowany z wykorzystaniem funkcji arkusza kalkulacyjnego
- ✚ Podstawą użycia programu Cristal Ball® jest stworzenie modelu symulacyjnego, który jest modelem probabilistycznym
- ✚ W przypadku symulacji Monte Carlo mamy do czynienia z modelem probabilistycznym



Symulacja Monte Carlo

Symulacja Monte Carlo danych wejściowych modelu z zastosowaniem programu Cristal Ball®, opracowanego przez amerykańską firmę Decisioneering Inc. z Denver w oparciu o model zbudowany z wykorzystaniem funkcji arkusza kalkulacyjnego

Czynności przy tworzeniu modelu

- ✦ Określenie zmiennych, które mają być zmiennymi probabilistycznymi
- ✦ Określenie relacji pomiędzy tymi zmiennymi (algorytm, schemat blokowy)
- ✦ Opracowanie modelu symulacyjnego z wykorzystaniem funkcji arkusza kalkulacyjnego
- ✦ Zdefiniowanie dla poszczególnych zmiennych odpowiedniego rozkładu prawdopodobieństwa
- ✦ Określenie komórki arkusza, w której będzie umieszczona prognoza (ang. *Forecasts*)
- ✦ Wykonanie symulacji

Otrzymuje się wyniki w postaci

- ✦ Histogramu (ang. *Frequency Charts*)
- ✦ Dystrybuanty (ang. *Cumulative Charts*)
- ✦ Raportu statystycznego (ang. *Statistic Reports*)
- ✦ Analizy wrażliwości (ang. *Sensitivity Analysis*), która wskazuje jaki jest wpływ poszczególnych parametrów wejściowych na wynik końcowy prognozy - badanie stabilności rozwiązania. Analiza wrażliwości danych wejściowych symulacji jest uważana przez niektóre źródła za najważniejszy wynik symulacji Monte Carlo z użyciem programu Cristal Ball®
- ✦ Trendów (ang. *Trend Charts*)

Reprezentacja graficzna składowiska odpadów komunalnych

Hipotetyczne składowisko odpadów można przedstawić jak na poniższym rysunku. (Jest to zgodne z zaleceniami Dyrektywy EWG z 1991 r., która mówi, że liczba piezometrów pokrywających teren składowiska powinna być uzależniona od jego powierzchni (Directive on the Landfill of Waste 1991). Dane jest pięć pól, współczynniki kosztów utylizacji na poszczególnych polach są następujące: 1, 2, 3, 4 i 5 (Rysunek poniżej). Koszt ten odpowiada jednostce utylizacji na danym polu.

pole 1 pomiar pH	pole 2 pomiar pH	pole 3 pomiar pH	pole 4 pomiar pH	pole 5 pomiar pH
-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------

Model bazowy wyjściowy

Równanie bilansowe dla całego obszaru składającego się z pięciu pól można napisać w następującej postaci ogólnej:

bilans dla całego obszaru

$$a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + a_3 \cdot x_3 + a_4 \cdot x_4 + a_5 \cdot x_5 \geq b_1 \quad (1.1)$$

gdzie

$a_1, a_2, a_3, a_4, i a_5$ = odpowiadają pewnej części całego obszaru wyrażonego w % części powierzchni tego obszaru.

Suma tych części wynosi 1

x_i = rozwiązanie (zmienna decyzyjna), które spełnia ograniczenia, gdy jest rozwiązanie

$$b_1 = [(\text{pH}_{\max} - \text{pH}_{\min}), (\text{pH}_{\max} - \text{pH}_{\min}), (\text{pH}_{\max} - \text{pH}_{\min}), (\text{pH}_{\max} - \text{pH}_{\min}), (\text{pH}_{\max} - \text{pH}_{\min}), (\text{pH}_{\max} - \text{pH}_{\min})] \cdot [a_1, a_2, a_3, a_4, a_5]^T - \delta, \quad (1.2)$$

Model bazowy wyjściowy

gdzie

$\text{pH}_{\max} - \text{pH}_{\min}$ = różnica klas czystości wód podziemnych według polskich norm (Dz.U. nr 16 1991), (Staniewicz-Dubois 1995)

δ = arbitralnie dobrany margines ryzyka, przy przekroczeniu norm odczynu pH na poszczególnych polach (Dz.U. nr 16 1991)

= górna granica (ang. *upper limit*) wartości odczynu pH na poszczególnych polach (od I do V), wynikające z użycia (symulacji) programu Cristal Ball® do średnich wartości odczynu pH na poszczególnych polach

= dolna granica (ang. *lower limit*) wartości odczynu pH na poszczególnych polach (od I do V), wynikające z użycia (symulacji) programu Cristal Ball® do średnich wartości odczynu pH na poszczególnych polach

Obliczenie kosztu utylizacji

Proponowany model jest następujący:

zminimalizować funkcję celu

$$F = \sum C_j * x_i \quad \text{dla } i = 1 \text{ do } 5 \quad (1.3)$$

gdzie

F = całkowity koszt utylizacji

C_j = koszt utylizacji na poszczególnych polach, od 1 do 5
związany ze zmienną x_i

b_i = wartości odczynu pH na poszczególnych polach (od I do V)
wynikające z użycia (symulacji) programu Cristal Ball® do
średnich wartości odczynu pH na poszczególnych polach

x_i = zmienna decyzyjna, spełniająca rozwiązanie

Obliczenie kosztu utylizacji

Problem minimalizacji funkcji celu F podanej w wyrażeniu (1.3) został rozwiązany przy użyciu programowania liniowego, napisanego w środowisku MATLAB o postaci następującej

$$[x, \lambda] = \text{lp}(f, A, b) \quad (1.4)$$

gdzie

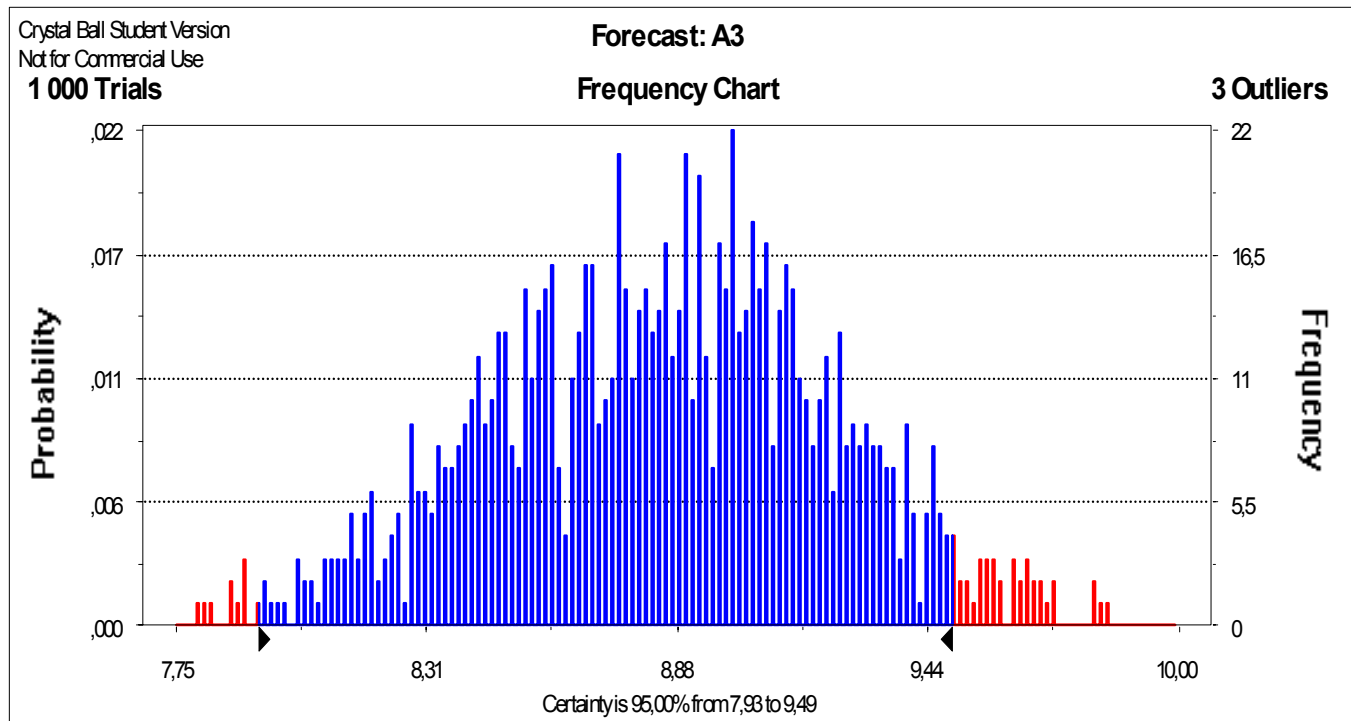
A = macierz ograniczeń

λ = mnożniki Lagrange'a

f = wektor stałych współczynników, które odpowiadają kosztom utylizacji na poszczególnych polach

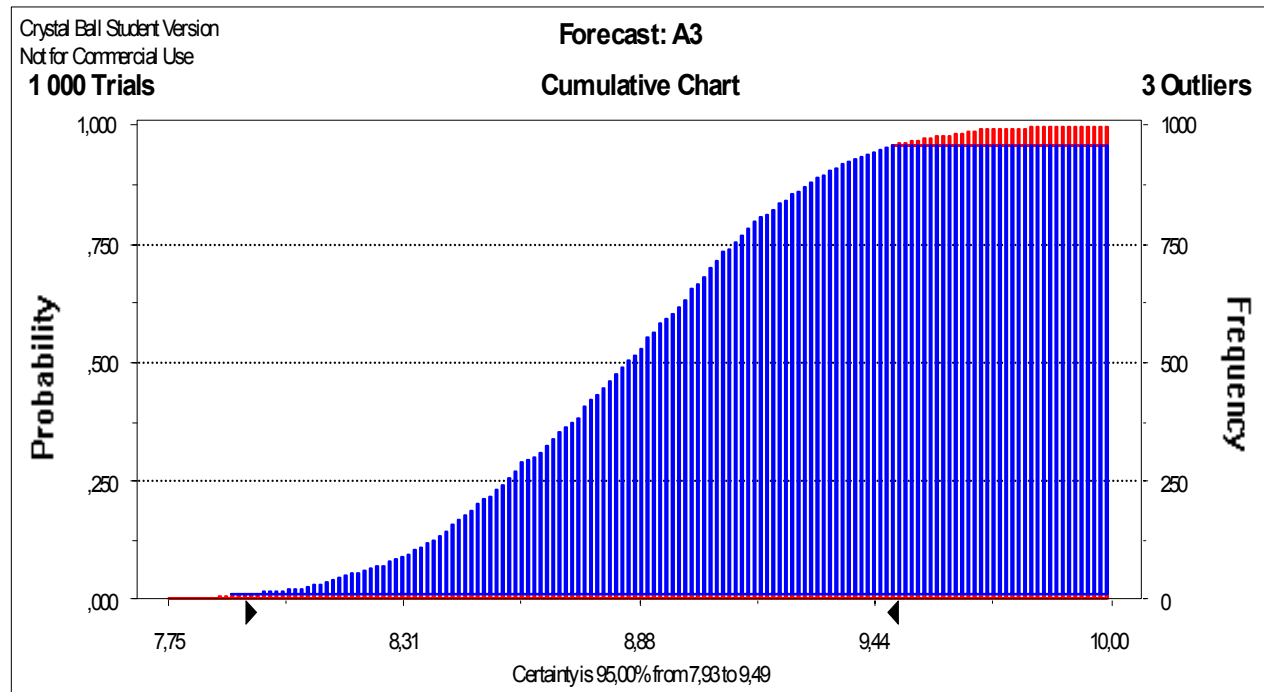
Wyniki symulacji

Rozkład prawdopodobieństwa (ang. *Frequency Chart*)



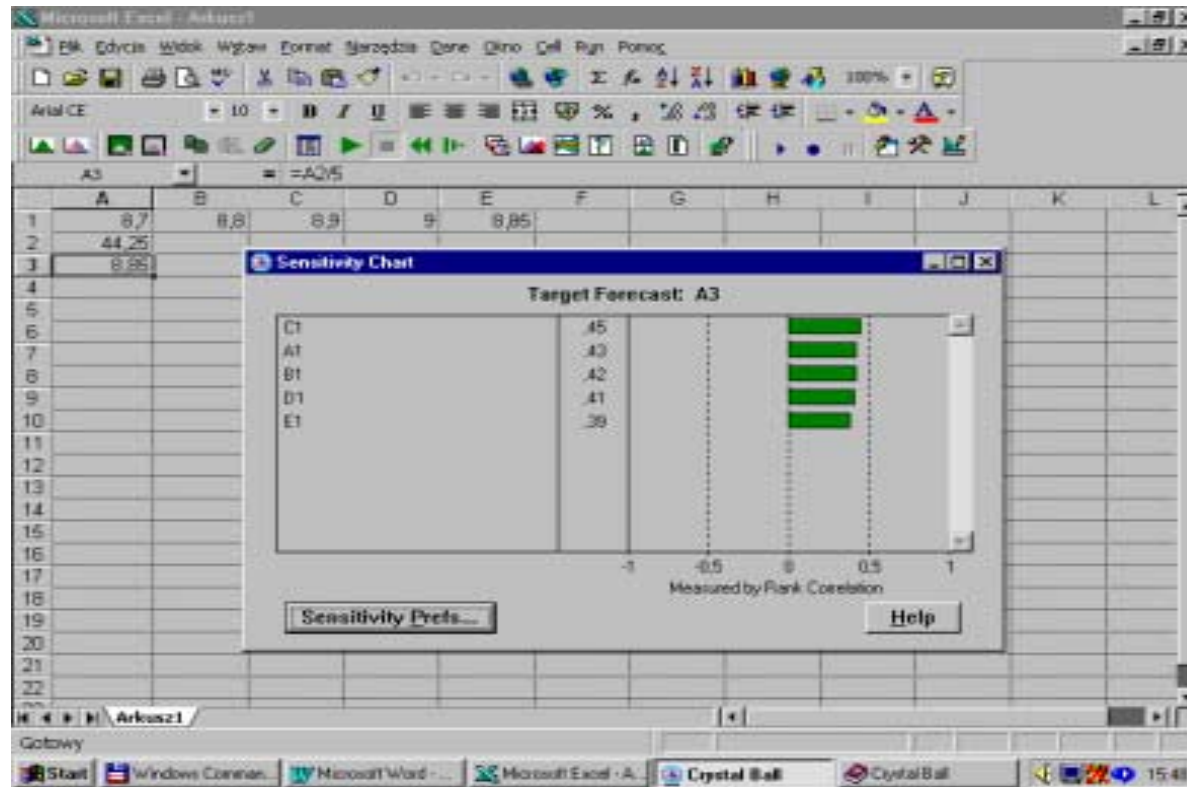
Wyniki symulacji

Dystrybuanta (ang. *Cumulative Chart*)



Wyniki symulacji

Analiza wrażliwości (ang. *Sensitivity Chart*)



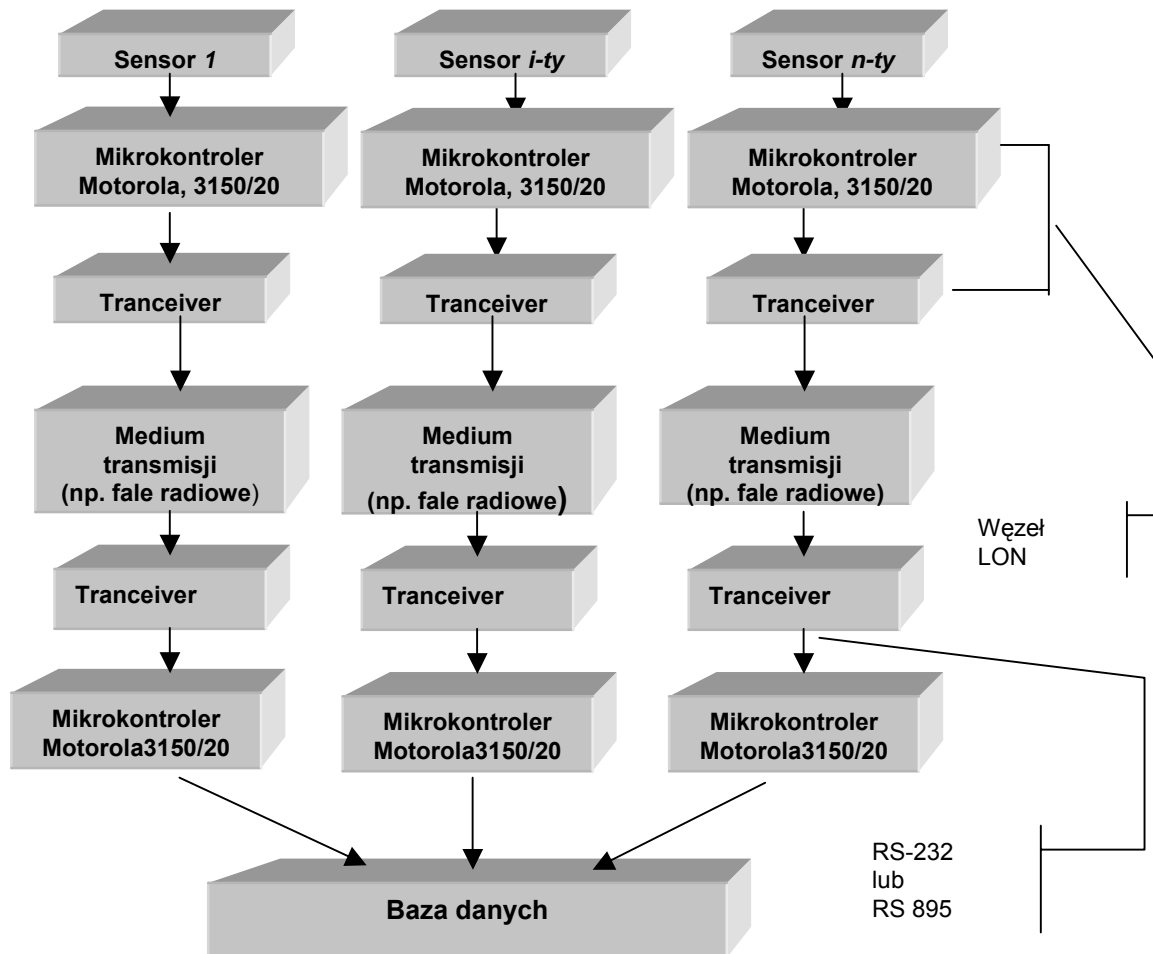
Analiza wrażliwości

- ✚ Analiza wrażliwości oparta jest na porównywaniu współczynników korelacji, posortowanych w sposób malejący. Dodatnie współczynniki korelacji wskazują, że przyjęcie ostrzejszych założeń jest związane z uzyskaniem większego prawdopodobieństwa w prognozie. Natomiast ujemne współczynniki korelacji wskazują na tendencję odwrotną. Współczynniki korelacji wiążą hipotezę z prognozą.
- ✚ Współczynniki korelacji są dodatnie, co wskazuje na proporcjonalną zależność pomiędzy wartościami odczynów pH z pięciu pomiarów na I polu a ich wartością średnią. Natomiast w przypadku gdy współczynnik korelacji jednego lub kilku odczynów pH jest ujemny, to można to zinterpretować, że wzrost wartości tego lub tych odczynów pH ma odwrotnie proporcjonalny wpływ na wartość średnią odczynu pH z pięciu pomiarów.

System Sterowania Rozproszonego Lonworks

- ✦ Wśród pięciu najbardziej popularnych standardów lokalnych sieci miejscowych znajduje się *LonWorks*, opracowany przez amerykańską firmę Echelon z Palo Alto w Kalifornii (LONWORKS 1995). Jest on najbardziej dynamicznie rozwijającym się systemem sterowania rozproszonego. Koncepcja tej sieci lokalnej o nazwie *LON (Local Operating Network)* została opracowana w 1986r.
- ✦ System sterowania rozproszonego LonWorks spełnia warunki tzw. Najlepszej Dostępnej Techniki (BAT), a zwłaszcza jeden z podstawowych wymogów standardu BAT jakim jest dojrzałość techniczna danej instalacji, zgodnie z art. 3 dyrektywy IPPC

System Sterowania Rozproszonego Lonworks



Wnioski

- ✚ Dotychczasowa procedura wykonywania okresowych badań monitoringowych (na przykład raz w miesiącu lub raz na kwartał) nie daje wiarygodnej informacji o obiekcie, jakim jest składowisko odpadów komunalnych lub przemysłowych, szczególnie niezorganizowane, które oddziałowuje prawie na wszystkie komponenty środowiska przyrodniczego. Obecnie obowiązujące normy ochrony środowiska w Polsce nie mają klauzuli czasu
- ✚ Konieczność dotrzymywania obowiązujących norm wymusza prowadzenie sprawnego, ciągłego monitoringu, w celu dostarczenia aktualnych informacji o obiekcie
- ✚ Zebrane informacje poprzez zastosowanie systemu rozproszonego Ion (*local operating network*), działającego w czasie rzeczywistym, w technologii rozproszonego sterowania i monitorowania, tworzą bazę danych do operatywnego zarządzania i sterowania tym obiektem

Wnioski

- ✦ Model bilansowy obiektu, wykorzystujący programowanie liniowe, całkowitoliczbowe, umożliwia równocześnie przeprowadzenie analizy ryzyka, z zastosowaniem programu CristalBall®. Model bilansowy optymalizuje koszt ewentualnej utylizacji odpadów lub skażonego gruntu (gleby), która jest jednym z elementów systemu zrównoważonego zarządzania zasobami glebowymi, obszarami przemysłowymi oraz składowiskami odpadów komunalnych i przemysłowych
- ✦ Zintegrowanie monitoringu, poprzez system sterowania rozproszonego z metodami zarządzania, umożliwia w sposób ciągły kontrolować obiekt i podejmować optymalne - operatywne decyzje

Literatura

- ✦ Bieda B. 2000. Zastosowanie Metody Monte Carlo Do Analizy Ryzyka Inwestycyjnego. Wybrane Uwarunkowania Działalności Ekonomicznej. Materiały Konferencyjne Wydziału Zarządzania AGH Kraków
- ✦ Bradly M. 2000. Improving Negotiation through Monte Carlo Simulation,
www.decisioneering.com/support/whitepaper/bradly.html
- ✦ Bubnicki Z. 1993. Podstawy informatycznych systemów zarządzania. Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej Wrocław
- ✦ Decision Support System. Materiały konferencyjne IFAC MMM Tokio
- ✦ Directive on the Landfill of Waste 1991. Commission of the European Communities Council Brussel
- ✦ Evans J.R., Olson D.L. 1998. Introduction in Simulation and Risk Analysis. Prentice Hall New Jersey

Literatura

- ✦ Gerace A. 1990. Optimisation Toolbox for use with MATLAB. The Math Works Inc., South Natic. MA 01760
- ✦ Leon L., Przasnyski Z., Seal K.C. 1996. Spreadsheets and OR/MS methods: An end-user perspective. Interfaces 26(2)
- ✦ LONWORKS 1995. Engineering Bulletins. Echelon
- ✦ Lorance R. B., Wendling R.V. 1999. Basic Techniques for Analyzing and Presentation of Cost Risk Analysis, www.decisioneering.com/support/whitepaper/lorance.html
- ✦ Rozporządzenie Ministerstwa Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa (MOŚZNiL) z dnia 5 listopada 1991r., Dz. U. nr 116, poz. 503

Literatura

- ✚ Staniewicz-Dubois H. 1995. Wskazówki metodyczne dotyczące tworzenia regionalnych i lokalnych monitoringów wód podziemnych, Wyd. PIOŚ, Warszawa
- ✚ Wajs W., Bieda B., Tadeusiewicz R. 2000. Most Informative Scenarios and Risk Analysis For Niepołomice Municipal Solid Waste. Materiały Konferencyjne INFOCORMS Seul
- ✚ Wajs W, Bieda B., Tadeusiewicz R. 2001. Linear Programming and Risk Analysis Methods For Municipal Solid Waste
- ✚ Warith M., Fernandes N., Gaudet N. 1999. Design of in-situ microbial filter for thr remediation of naphthalene. Waste Management 19
- ✚ Yenni H. 2000. Simulation Techniques for Risk-Based Financing Estimates in Behavioral Health Managed Care. www.decisioneering.com/support/whitepaper/yenni.html



**Międzynarodowa Konferencja:
ZRÓWNOWAŻONE ZARZĄDZANIE
OBSZARAMI POPRZEMYSŁOWYMI**

Kraków - 4-6 listopada 2004

Dziękuję za uwagę