PuntoSicuro

ARTICOLO DI PUNTOSICURO

Anno 26 - numero 5748 di Mercoledì 04 dicembre 2024

L'equazione di Niman, i cantieri e il caso della posa del calcestruzzo

Chiarimenti sull'equazione di Niman: implementazione e applicazione nella valutazione quantitativa del rischio in cantieri complessi. Un caso di studio sulla fase di posa del calcestruzzo. A cura del Dott. Mario Ferraioli.

In relazione alla campagna europea " Lavoro sano e sicuro nell'era digitale", promossa dall'Agenzia europea per la sicurezza e la salute sul lavoro (EU-OSHA) e di cui siamo media partner, continuiamo con la pubblicazione di alcuni esempi di sviluppi tecnologici connessi all'uso dell' intelligenza artificiale (IA).

*Per parlarne riceviamo e pubblichiamo, con particolare riferimento al mono dei cantieri, un secondo contributo inviato da un nostro lettore, il Dott. Mario Ferraioli, dal titolo "**Chiarimento Accademico sull'Equazione di Niman: Implementazione e Applicazione nella Valutazione Quantitativa del Rischio in Cantieri Complessi ? Un Caso di Studio sulla Fase di Posa del Calcestruzzo**".*

Pubblicità
<#? QUI-PUBBLICITA-SCORM1-[EL0032_EDI] ?#>

Nel nostro articolo precedente, abbiamo trattato l'**Equazione di Niman**, come un modello all'avanguardia per l'analisi quantitativa del rischio in ambienti complessi e dinamici, come i **cantieri edili** e le **aree industriali**. Questo approccio matematico risponde all'esigenza di una sicurezza rigorosa, integrando variabili temporali e spaziali che influenzano i livelli di rischio operativi. La capacità del modello di adattamento in tempo reale ai cambiamenti contestuali ne fa uno strumento proattivo e integrato, che non solo offre una stima accurata del rischio totale (RT) ma supera i limiti dei metodi tradizionali, innalzando gli standard di sicurezza e favorendo decisioni basate su dati scientifici e obiettivi.

Formulazione Matematica e Applicazioni Pratiche

In ambienti ad alta variabilità, come i cantieri, la gestione del rischio richiede un approccio proattivo che sappia rispondere alle frequenti modifiche delle condizioni operative. L'Equazione di NIMAN si propone come una soluzione strutturata e innovativa per quantificare i rischi legati a impianti e strutture, consentendo una valutazione precisa e integrata del rischio totale. Tale modello si distingue per la capacità di fornire stime oggettive, rispondendo in tempo reale alle variazioni ambientali, e supera le difficoltà degli approcci qualitativi tradizionali.

Tradizionalmente, la valutazione del rischio nei cantieri dipendeva dall'esperienza individuale dei tecnici, il che introduceva una variabilità significativa nei risultati. Anche i software di valutazione spesso si limitavano alla compilazione di documenti formali, senza considerare a fondo la complessità operativa e le dinamiche di cantiere. L'Equazione di NIMAN, invece, si inserisce in un contesto tecnologico avanzato, rispondendo alla crescente necessità di un approccio quantitativo e scientifico che superi la soggettività e si basi su parametri numerici e verificabili.

Un Sistema di Valutazione Quantitativa: I Principi Fondamentali dell'Equazione di Niman

Per strutturare una valutazione scientifica del rischio, l'Equazione di NIMAN si fonda su tre elementi cardine:

1. **Campione Rappresentativo**: l'analisi non è basata sull'esperienza di un singolo tecnico, ma su dati condivisi da migliaia di professionisti, rendendo la valutazione più robusta e oggettiva.
2. **Curva di Gauss**: utilizzata per individuare i rischi con maggiore probabilità e definire i fattori di riduzione del rischio, consente di comprendere la distribuzione dei rischi intorno alla media e di identificare eventuali situazioni di rischio estremo.
3. **Probabilità Bayesiana**: applicata per pesare i rischi e i correttivi, questa tecnica assicura un aggiornamento continuo delle probabilità al variare delle condizioni, mantenendo l'analisi in linea con l'evoluzione del contesto operativo.

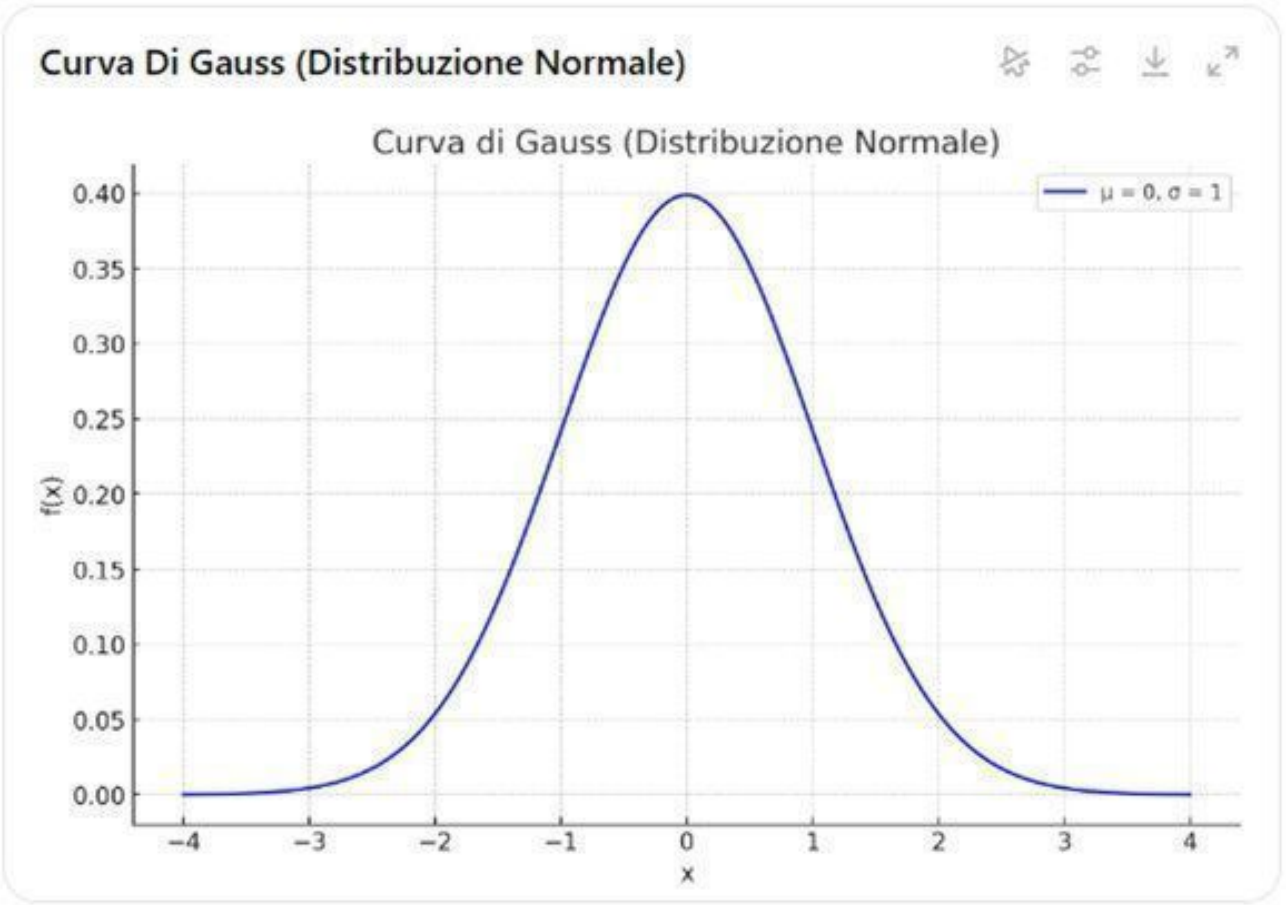
L'approccio quantitativo di NIMAN si realizza attraverso il calcolo di una media ponderata dei rischi più probabili, da cui viene sottratta la somma ponderata dei pesi dei fattori correttivi, ottenendo così una stima complessiva del rischio totale. Formalizzare questo processo in termini matematici garantisce rigore e replicabilità, trasformando l'analisi del rischio in un campo più scientifico e meno dipendente dall'interpretazione soggettiva.

Verso un paradigma scientifico nella sicurezza

Si consideri la curva di GAUSS per determinare l'intervallo di ricerca dei rischi

$$e\left(x\right)=\frac{1}{si\sqrt{2\,\pi}}e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\,si^2}}$$

- e (x)è il valore della funzione della distribuzione normale per un dato valore X,
- io è la media della distribuzione,
- si è la deviazione standard, che determina la larghezza della curva,
- e è la base dei logaritmi naturali, approssimativamente uguale a 2.718.



Se nella valutazione consideriamo solo i rischi nel contorno di 0, ad esempio nell'intervallo tra -1 e 1, il peso che questi rischi assumono non sarà più soggettivo, come avveniva in passato, ma analitico. In questo modo, il peso della probabilità, pur non conoscendo il campione esatto ma considerandolo come un valore progressivo, ossia incrementato con il passare del tempo, verrà calcolato utilizzando l'equazione della probabilità bayesiana sotto rappresentata

$$P\left(A/B\right) = \frac{P\left(B \mid A\right) \cdot La\ \left(La\right)}{Per\ \left(B\right)}$$

dove:

- P (A?B)??è la probabilità condizionata di UN dati B , detta anche **probabilità a posteriori** .
- P (B ? A)è la probabilità condizionata di osservazione B dati UN, chiamata **verosimiglianza** .
- P(UN)P(A)La (La)è la **probabilità a priori** di UN, rappresenta la conoscenza iniziale su UN.
- Per (B) è la **probabilità marginale** di B, cioè la probabilità che B si Verifica in generale.

In altre parole, il teorema di Bayes ci mostra come aggiornare la probabilità di un evento A alla luce di una nuova informazione B, bilanciando conoscenze pregresse con prove recenti e normalizzando per la probabilità totale. Finora, l'analisi dei rischi si è basata su criteri relativamente semplici, ossia stimare i rischi più probabilità in un campione iniziale incerto, assegnando loro un peso progressivo in base alla probabilità che emergono nel tempo.

Il Campione di Dati: da Esperienza Individuale a Big Data

Tradizionalmente, il campione di riferimento è stato l'esperienza diretta del tecnico sul campo. Questo approccio, però, ha portato variabilità e inconsistenza nelle valutazioni, poiché ogni tecnico porta la propria esperienza soggettiva, risultando in risposte diverse. Con l'avvento dell'informatica, oggi possiamo ampliare il campione a una scala molto più vasta, raccogliendo esperienze da migliaia di tecnici in un unico archivio. Pensiamo, infatti, alla possibilità di integrare dati raccolti da decine di migliaia di valutazioni in tempo reale attraverso Internet: questa mole di informazioni collettive crea un database solido su cui basare analisi precise.

La Costruzione di un Campione Eterogeneo e il Metodo di Niman

Per migliorare la precisione, occorre quindi un campione estremamente ampio e diversificato, contenente milioni di valutazioni. A partire da questi dati, possiamo filtrare solo i rischi rilevanti per la nostra valutazione (attraverso la distribuzione gaussiana), assegnare pesi specifici utilizzando il teorema di Bayes e, con lo stesso criterio, ridurre i rischi fino a ottenere un valore di rischio residuo totale (RT). Questo approccio costituisce il Metodo di NIMAN, che eleva l'analisi del rischio a un livello rigorosamente scientifico e basato su dati verificabili, superando l'affidamento su intuizioni soggettive.

L'Equazione di Niman: Una Nuova Frontiera nella Valutazione del Rischio

Questo metodo, descritto nella sua struttura analitica, si traduce nell'Equazione di NIMAN, formalizzato nella sua forma canonica per offrire un sistema di valutazione del rischio che integra conoscenze probabilistiche e statistiche avanzate. Grazie a questa equazione, è possibile compiere valutazioni più accurate e omogenee, creando una base di conoscenze condivise che innalzano gli standard di sicurezza in modo oggettivo e replicabile.

$$RT = \int_a^b \left[\sum_{i=1}^{n} \frac{L_i(x) \cdot P_i(x)}{\sum_{i=1}^{n} P_i(x)} - \sum_{j=1}^{m} \frac{L_j(x) \cdot P_j(x)}{\sum_{j=1}^{m} P_j(x)} \right] dx$$

Dove Li(x) = $e\,(x) = \frac{1}{si\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2si^2}}$

E

Pi(x) = $P\,(A/B) = \frac{P\,(B \mid A) \cdot La\,(La)}{Per\,(B)}$

Rappresentazione concettuale dell'Equazione di Niman

Una rappresentazione concettuale dell'Equazione di NIMAN mostra i seguenti elementi:

- **Curva di Gauss per i livelli dei fattori di rischio**, evidenziando la probabilità di rischi estremamente alti o bassi attorno al valore medio.
- **Aggiornamento Bayesiano della probabilità del rischio**, che rappresenta l'adattamento dei livelli di rischio in risposta a nuove informazioni.
- **Fattori correttivi** , che mostrano l'effetto mitigante delle misure di sicurezza sul rischio totale.
- **Rischio Totale (RT)** dall'integrazione dei fattori di rischio e correttivi, illustrando il livello complessivo risultante di rischio.

Questa visualizzazione offre una panoramica dell'interazione dinamica tra i vari componenti e del modo in cui i rischi si aggiornano in base alle condizioni operative.

Analisi del modello e vantaggi strategici

L'Equazione di NIMAN trova applicazione in diverse aree strategiche della sicurezza sul lavoro:

1. **Valutazione dei rischi**: la combinazione di Curva di Gauss ed equazione bayesiana permette di modellare l'interazione tra variabili come il clima e le condizioni del terreno.
2. **Ottimizzazione delle procedure di sicurezza**: le operazioni possono essere adattate dinamicamente ai rischi aggiornati, favorendo la reattività ai cambiamenti.
3. **Prevenzione degli incidenti**: la distribuzione normale e la probabilità bayesiana consentono di anticipare e ricalcolare i rischi, garantendo interventi mirati.
4. **Formazione del Personale:** la simulazione di scenari di rischio aggiornati consente al personale di familiarizzare con la gestione dei rischi.
5. **Monitoraggio continuo**: i sistemi integrati segnalano in tempo reale condizioni di rischio, aggiornando le probabilità dei fattori correttivi.

Integrazione dell'Intelligenza Artificiale

L'Equazione di NIMAN si potenzia ulteriormente attraverso l'integrazione con l' intelligenza artificiale (IA). Una rete neurale, addestrata su dati storici di rischio, è in grado di:

- Interpretare fattori di rischio modellati secondo la Curva di Gauss.
- Aggiornare dinamicamente le probabilità bayesiane.
- Emettere tempi in tempo reale del rischio totale (RT), adattandosi alle variazioni operative.

Struttura del Modello

1. **Livelli di input** : Ogni fattore di rischio e correttivo è rappresentato come input per la rete. Questi includono:
    - ♦ **Livelli di rischio** distribuiti secondo la Curva di Gauss.
    - ♦ **Pesi Bayesiani** dei fattori di rischio e correttivi, che riflettono probabilità condizionate efficaci in tempo reale.
2. **Livelli Nascosti** : Utilizzeremo due strati nascosti con funzioni di attivazione ReLU per apprendere le interazioni non lineari tra i fattori.
3. **Livello di Output** : Un singolo nodo per la stima del **rischio totale (RT)** , con funzione di attivazione sigmoidale per produrre una stima probabilistica

Codice del Modello di Addestramento

Utilizzeremo **TensorFlow** per implementare ed addestrare il modello. I dati di addestramento includeranno:

- **X_train** : un set di dati di input rappresentante i fattori di rischio e correttivi per ciascun periodo.
- **y_train** : un dataset target che rappresenta il rischio totale osservato (RT) per ciascun periodo.

Procedere con il codice per la configurazione del modello di addestramento.

prima si installa tensorflow con il comando

pip install tensorflow

poi si esegue il codice:

```python
import tensorflow as tf
from tensorflow.keras.models import Sequential
from tensorflow.keras.layers import Dense, InputLayer
from tensorflow.keras.optimizers import Adam

# Definizione dei parametri del modello
n_features = 5  # Numero di input (3 fattori di rischio e 2 correttivi)
n_hidden_1 = 10  # Nodi nel primo livello nascosto
n_hidden_2 = 5   # Nodi nel secondo livello nascosto
learning_rate = 0.001  # Tasso di apprendimento

# Costruzione del modello
model = Sequential([
    InputLayer(input_shape=(n_features,)),
    Dense(n_hidden_1, activation='relu'),
    Dense(n_hidden_2, activation='relu'),
    Dense(1, activation='sigmoid')  # Output per la stima del rischio totale RT
])

# Compilazione del modello
optimizer = Adam(learning_rate=learning_rate)
model.compile(optimizer=optimizer, loss='mean_squared_error', metrics=['mae'])

# Informazioni sul modello
model.summary()

# Esempio di addestramento (usa i tuoi dati di input)
# X_train e y_train devono rappresentare i dati di input e output rispettivamente
# model.fit(X_train, y_train, epochs=50, validation_split=0.2, batch_size=32)
```

Descrizione del modello

- **InputLayer**: prende i dati di input che rappresentano i fattori di rischio e correttivi.
- **Livelli Nascosti**: due livelli densi con funzione di riattivazione LU per catturare le relazioni non lineari.
- **Livello di output**: utilizza una funzione sigmoidale per produrre una stima probabilistica del rischio totale.

Addestramento

- **Dati di Addestramento (X_train e y_train)**: Prepara i dati con fattori di rischio e correttivi per addestrare il modello.
- **Funzione di perdita**: Errore quadratico medio per una stima di regressione del rischio totale.

Questo modello consente di effettuare una previsione del rischio totale (RT) in base ai dati storici e ai fattori di rischio e correttivi attuali, aggiornandosi con l'approccio bayesiano.

APPLICAZIONE DEL MODELLO di Niman nella valutazione dei rischi in una fase di lavoro specifica, come la **posa del calcestruzzo.**

Nella valutazione dei rischi per una fase di lavoro specifica, come la posa del calcestruzzo, il modello di Niman permette di individuare e quantificare tutti i rischi ei fattori di mitigazione. Il modello, addestrato su un campione rappresentativo, identifica le voci di rischio lungo la Curva di Gauss e ne calcola il peso tramite l'approccio bayesiano. Questo processo, gestito attraverso il metodo Niman, consente di ottenere una stima precisa del rischio totale (RT) specifico per la fase di lavoro considerata.

Nel documento di valutazione dei rischi la scheda di valutazione **posa del calcestruzzo sarà**

FASE DI LAVORO: POSA DEL CALCESTRUZZO			
DESCRIZIONE DELLA FASE	**Livello di importanza**		
La posa del calcestruzzo comprende le operazioni di trasporto, colata, distribuzione e compattazione del calcestruzzo nelle strutture predisposte	Fase cruciale per la stabilità strutturale e l'avanzamento del ciclo produttivo in cantiere.	Alta	4/5
Elenco delle Macchine e Attrezzature Utilizzate	**Livello di pericolosità**		
Pompa per Calcestruzzo	Operazione ad alta potenza con possibilità di guasti e rischi di pressione elevata.	**Alto**	**4/5**
Betoniera	Presente il rischio di schiacciamento e esposizione a parti in movimento.	**Medio-Alto**	**(3.5/5)**
Vibratore per Calcestruzzo	Rischi legati alle vibrazioni e all'affaticamento muscolare.	**Medio**	**(3/5)**
Pala Caricatrice (se necessaria)	Richiede esperienza per evitare collisioni e ribaltamenti.	**Medio-Alto**	**(3.5/5)**
Carriola per il Trasporto a Mano	Rischio minimo, prevalentemente legato all'affaticamento.	**Basso**	**(2/5)**
Elenco degli addetti	**Livello di Preparazione Richiesta**		
Operatore Macchine (Pompa e Betoniera)	Necessaria formazione specifica per l'uso sicuro delle attrezzature.	**Alta**	**(4.5/5)**
Manovale per la Distribuzione del Calcestruzzo -	Conoscenze richieste in merito alle tecniche di distribuzione sicura del materiale	**Media-Alto**	**(3.5/5)**
Addetto alla Compattazione (Vibratore) -	Richiesta abilità nell'uso del vibratore per garantire una compattazione omogenea senza compromettere la sicurezza	**Media**	**(3/5)**
Elenco dei Rischi della Fase di Lavoro	**Livello di rischio**		
Schizzi di Calcestruzzo	Rischio di contatto con occhi e pelle, che può causare irritazioni o lesioni.	**Medio**	**(3/5)**
Caduta di Oggetti	Rischio di impatti pesanti dovuti a oggetti in quota, specialmente durante la movimentazione	**Alto**	**(4/5)**
Scivolamenti e Cadute su Superfici Scivolose	Possibilità di incidenti, specialmente in condizioni di bagnato	**Medio-Alto**	**(3.5/5**
Movimentazione Manuale dei Carichi	Potenziale di affaticamento fisico e lesioni muscoloscheletriche	**Medio**	**(3/5)**
Rischi Legati all'Utilizzo del Vibratore	Vibrazioni prolungate possono causare lesioni agli arti superiori	**Medio**	**(3/5)**

Elenco dei Rischi per la Salute	Livello di rischio		
Esposizione a Polveri e Sostanze Chimiche (cemento)	Rischio di irritazione respiratoria e della pelle.	**Medio-Alto**	**(3.5/5)**
Vibrazioni da Attrezzature di Compattazione	Potenziale di disturbo circolatori agli arti	**Medio**	**(3/5)**
Rumore Elevato	L'esposizione prolungata può causare danni all'udito	**Medio-Alto**	**(3.5/5)**
Affaticamento fisico	Esposizione continua al lavoro fisico pesante.	**Medio**	**(3/5)**
Elenco dei DPI	**Livello di Importanza**		
Casco Protettivo	Essenziale per proteggere dagli impatti in caso di caduta di oggetti.	**Alta**	**(4.5/5**
Occhiali Protettivi	Necessari per evitare contatto con schizzi di cemento.	**Alta**	**(4/5)**
Guanti Resistenti ai Prodotti Chimici	Proteggono da irritazioni e ustioni chimiche	**Media**	**(3/5)**
Mascherina per la Protezione delle Vie Respiratorie	Protegge da polveri nocive e inalazione di cemento	**Medio-Alta:**	**(3.5/5)**
Calzature Antinfortunistiche	Proteggono da lesioni da cadute e da oggetti contundenti.	**Alta**	**(4.5/5)**
Tappi o Cuffie Antirumore	Essenziali per prevenire danni all'udito	**Medio-Alta**	**(3.5/5)**
Elenco delle Azioni Correttive	**Livello di Importanza**		
Formazione e Addestramento Specifico per gli Operatori	Fondamentale per prevenire incidenti e garantire l'uso sicuro delle attrezzature	**Alta**	**(4.5/5)**
Verifica Periodica dei DPI e delle Attrezzature	Mantiene efficacia protettiva dei dispositivi e attrezzature	**Alta**	**(4/5)**
Utilizzo di Sistemi di Contenimento degli Schizzi (schermi protettivi).	Riduce il rischio di esposizione agli schizzi	**Media**	**(3/5)**
Controllo dell'Area per Ridurre i Rischi di Caduta	Essenziale per garantire spazi di lavoro sicuri.	**Alta**	**(4/5)**
Organizzazione delle Aree di Lavoro per Evitare Movimenti Inutili	Migliora l'efficienza e riduce la possibilità di incidenti.	**Medio-Alta**	**(3.5/5)**

Eventuale Documentazione Richiesta	Loro Importanza		
Piano Operativo di Sicurezza (POS)	Documento essenziale per gestire le operazioni in sicurezza.	**Alta**	**(4.5/5)**
Registro di Manutenzione delle Attrezzature	Garantisce il corretto funzionamento delle attrezzature utilizzate	**Media**	**(3/5)**
Documentazione di Formazione e Addestramento	Verifica della formazione per gli operatori coinvolti	**Alta**	**(4/5)**
Schede di Sicurezza dei Materiali	Essenziale per la gestione sicura delle sostanze	**Medio-Alta**	**(3.5/5)**
Livello di Rischio Totale della Fase di Lavoro calcolata con NIMAN	La **media** dei rischi individuati (dalle valutazioni assegnate) è 3.5, con una **deviazione standard** stimata di 0.5.	**Medio-Alto (3.5/5)**	

Mario Ferraioli

BIBLIOGRAFIA:

- LA VALUTAZIONE DEI RISCHI * Article * Jan 2014 * Adriana Stolfa
- INTERA - STRUMENTI PER LA VALUTAZIONE ERGONOMICA DEGLI AMBIENTI DI LAVORO Conference Paper Nov 2013 * Raffaele d'Angelo * Paolo Salvatore D'onofrio * E. Attainase * G Duca
- LE INCERTEZZE NELL'ANALISI DI RISCHIO - A. Carpignano - Politecnico di Torino 2024
- SICUREZZA SUL LAVORO IN UN SISTEMA DI GESTIONE INTEGRATA - May 2003 - A. Boccia - M. Triassi - M. Lizza - Isidoro Annino - Università Politecnica delle Marche
- MANUALE SICUREZZA LAVORO - Vincenzo Nastasi - INAIL Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro
- COERENZA METODOLOGICA E TRASPARENZA DELLE VALUTAZIONI - March 1995 - Aestimum - Almerico Realfonzo
- I SISTEMI DI GESTIONE DELLA PREVENZIONE E DELLA SICUREZZA SUL LAVORO * Article * Oct 2010 * Patrizia Tullini
- CRITERI PER LA DETERMINAZIONE DI UN SISTEMA DI GESTIONE SALUTE E S.ICUREZZA SUL LAVORO (SGSSL) come Manuale di un M.odello di O.rganizzazione e G.estione (MOG) in tema di Salute e Sicurezza sul Lavoro June 2020 Authors: Antonio Zannini University of Ferrara
- SICUREZZA SUL LAVORO IN UN SISTEMA DI GESTIONE INTEGRATA - May 2003 - A. Boccia - M. Triassi - M. Lizza - Isidoro Annino - Università Politecnica delle Marche
- GAUSS DISTRIBUTION-A COMPLETE PROOF! Authors: Leonardo Rubino
- REVISTA DE DIREITO BRASILEIRA ? MARTINA BASSOTTI ? AGOSTO 2024
- LA TUTELA DELLA SALUTE E SICUREZZA SUL LAVORO ALLA PROVA DELLA RIVOLUZIONE DIGITALE August 2024 Revista de Direito Brasileira - Martina Bassotti
- CONCEZIONI E MODELLI DI INTELLIGENZA. LE INTELLIGENZE PLURIDIMENSIONALI E RELATIVE - January 2012 - Publisher: I.S.P.E.F. - Authors: - Fausto Presutti
- INTELLIGENZA ARTIFICIALE: L'APPLICAZIONE DI MACHINE LEARNING E PREDICTIVE ANALYTICS NEL RISK MANAGEMENT Mar 2019 * Stefano Bonini * Giuliana Caivano * Paola Cerchiello * Pier Giuseppe Giribone
- MODELLI PER LA QUALITÀ DEI DATI * Chapter * Jan 2008 * Carlo Batini * Monica Scannapieco
- SVILUPPO DI UN MODELLO PREVISIONALE PER LA STIMA CON IL METODO DELLE RETI NEURONALI ARTIFICIALI * Conference Paper * Apr 2012 * Campisi Rosario Pasquale NinoFlavio Lupia

- NIMAN: STUDIO DI CASO SU UN'AZIENDA DI LAVORAZIONE DELLA CARNE NATURALE *Febbraio 2000 - Associazione Internazionale per la Gestione dell'Alimentazione e dell'Agricoltura - RiPEcIl signor Brown


Licenza Creative Commons

www.puntosicuro.it