



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA LOTTA ALLA CONTRAFFAZIONE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

DOMANDA NUMERO	102001900961573
Data Deposito	10/10/2001
Data Pubblicazione	10/04/2003

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	01	J		

Titolo

APPARATO MULTIUTENTE PER LA MISURA ED IL CONTROLLO REMOTO IN TEMPO REALE DELLA DOSE DI RADIAZIONE ULTRAVIOLETTA SOLARE.

Descrizione dell'invenzione industriale avente per titolo:

"APPARATO MULTIUTENTE PER LA MISURA ED IL CONTROLLO
REMOTO IN TEMPO REALE DELLA DOSE DI RADIAZIONE
ULTRAVIOLETTA SOLARE"

a nome della Ditta:

Flyby s.r.l. di nazionalità italiana con sede in Livorno in Via Molise , 24

depositata il **19 OTT. 2001** con il n. **L12001/A 000010**

RIASSUNTO

L'invenzione si inserisce nel settore dei metodi e delle apparecchiature utilizzate per la misura ed il controllo della dose di radiazione UV in relazione agli effetti fotodermatologici della cute umana. Più in particolare, l'invenzione è diretta ad una famiglia di apparati da impiegare nel settore turistico per la tutela della salute del turista (es. bagnante) che si espone alla radiazione solare almeno per quel che riguarda la prevenzione da eritema solare.

La dose di radiazione ultravioletta (UV) solare per un dato evento di esposizione della persona e' un parametro critico per la sua salute in quanto ad essa sono legati diversi effetti dermatologici come ad esempio l'insorgenza di eritemi. Se considerati nel lungo termine, sia il numero di scottature (eritemi) che l'entita' della dose UV cumulativa assunta sono correlate alla probabilita' di insorgenza di tumori della pelle di diverso tipo e comunque alla perdita di elasticità della cute.

Allo stato attuale, per la prevenzione dell'eritema solare sono utilizzati dosimetri fisici (radiometri a larga banda) o chimici (cerotti fotosensibili)

portatili, oppure, in alcuni paesi, informazioni e consigli legati a stime della radiazione UV solare (es. indice UV) presente o prevista per il mezzogiorno locale.

Nel primo caso l'utente deve acquistare il dosimetro e deve affrontare il problema di programmare il dosimetro nel caso fisico o di scegliere il grado di fotosensibilità più opportuno nel caso chimico, secondo le caratteristiche di fotosensibilità UV della propria pelle.

Nel caso invece di informazioni legate all'indice UV, sia le informazioni riguardo il livello di radiazione che le conseguenti norme di comportamento consigliate sono spesso troppo generiche (non personalizzate) ed inadeguate per mettere l'utente in grado di fruire con serenità della radiazione solare.

Il sistema ha lo scopo di fornire contemporaneamente a diversi utenti che si espongono al sole, un servizio di controllo della dose UV efficace eritemica accumulata da ciascuno di essi a partire da un dato istante specifico, caratterizzando la fotosensibilità di ciascun utente prima dell'esposizione (minima dose eritemica – MED), effettuando in tempo reale la misura di tali dosi tenendo conto delle eventuali variazioni delle condizioni di irraggiamento UV ambientale ed in particolare consentendo in ogni momento a ciascun utente di conoscere la dose fino a quel momento da lui accumulata e di paragonarla con un determinato valore critico (soglia) di sicurezza caratteristico assegnato all'utente stesso.

La dose eritemica minima (MED) sulla base della quale è possibile stabilire il valore di soglia della dose critica assumibile, viene determinato



prima dell'evento di esposizione mediante un sistema esperto basato su anamnesi fotodermatologica e/o analisi di alcune proprietà ottiche della cute dell'utente. Il sistema è quindi in grado di misurare la dose accumulata da ciascun utente (funzione di dosimetro personalizzato) e di regolarne l'entità a partire dall'istante in cui egli ha iniziato ad esporsi alla radiazione solare, tenendo conto della dose UV eritemica integrale da lui effettivamente accumulata a partire da tale istante.



Tale metodo, basato sulla misura in tempo reale della dose UV eritemica, consente di tenere conto automaticamente e direttamente della dose assunta da ciascun utente, risultante dal contributo dei diversi livelli di radiazione UV che raggiungono l'utente durante il corso della sua esposizione (ad esempio legate a variazioni delle condizioni atmosferiche, strato di ozono stratosferico, inquinamento troposferico, angolo di zenith del sole, albedo superficiale,...).

Il sistema è in grado inoltre di determinare e comunicare tale dose all'utente prima dell'esposizione ed in particolare di mettere in grado l'utente in ogni istante durante l'esposizione, anche in località remota, di verificare il valore di dose UV accumulata tramite uno o più mezzi di comunicazione (display luminoso, segnale su terminale utente remoto,...).

Ciascun utente può venire inoltre personalmente avvisato con un messaggio personalizzato dell'imminente raggiungimento della propria soglia di dose eritemica, consentendogli di terminare l'esposizione al sole,

evitando almeno gli effetti eritemici indotti da una dose di radiazione solare ultravioletta eccessiva.

In particolare il sistema e' in grado di monitorare la dose assunta per due diverse modalita' di esposizione della cute:

- zona cutanea esposta parallelamente al piano orizzontale locale (radiazione solare globale orizzontale)
- zona cutanea esposta normalmente alla direzione individuata dal disco solare (radiazione solare globale normale)

Tale differenza e' particolarmente importante nel caso di cielo sereno in assenza di foschia o di nubi e per angoli di zenith solare intermedi (es. 25-40 gradi), e la sua importanza e' documentata dal fatto che e' tipico l'arrossamento (eritema) della pelle in corrispondenza di alcune parti del corpo piuttosto che in altre (es. spalle, caviglie), durante l'esposizione del corpo quando l'atmosfera e' particolarmente tersa.

La dose UV eritemica accumulata viene misurata tenendo conto anche dell'eventuale presenza di agenti fotoprotettivi UV applicati sulla cute dell'utente, valutando il potere filtrante di tali prodotti secondo gli standard utilizzati a livello nazionale ed internazionale (es. COLIPA, FDA, [7],[8]).

Il sistema e' in grado inoltre di prevedere il valore di UV index (indice UV definito dal World Meteorological Organization) al mezzogiorno solare locale nel caso le condizioni meteorologiche presenti si mantengano stazionarie.

Il sistema infine e' in grado di fornire all'utente prima dell'inizio dell'esposizione, una stima approssimata preventiva dell'ampiezza dell'intervallo di tempo d'esposizione legato alla dose di sicurezza impostata ed a partire da un dato istante di inizio esposizione impostato, prevedendo in particolare quale sara' l'irradianza eritemica durante l'intervallo di esposizione, in funzione della variazione della posizione del sole rispetto alla localita' geografica in cui si trova l'utente, nel caso di condizioni meteorologiche costanti attuali e/o tenendo conto del caso piu' a rischio, in cui le condizioni meteorologiche siano quelle di cielo sereno.



Nei disegni:

- la fig. 1 illustra una tabella dei fototipi tradizionalmente usati secondo la normativa DIN-5050;
- la fig. 2 mostra lo spettro di azione eritemico per la pelle umana secondo lo standard internazionale CIE;
- la fig. 3 mostra schematicamente l'attuazione di una configurazione di sistema secondo l'invenzione.

DESCRIZIONE

In una forma preferita di realizzazione, il sistema consiste almeno dei seguenti moduli:

A. Modulo sistema esperto

Determina il valore di minima dose eritemica (MED) caratteristico di un dato utente mediante un questionario con anamnesi specifica per la fotodermatologia e/o sulla base di una o piu' misure relative alle proprieta' ottiche della pelle legate alla riflessione e/o alla retrodiffusione della

radiazione elettromagnetica nello spettro visibile e/o infrarosso emessa da una o più sorgenti.

Il valore di MED può essere determinato prima di ogni esposizione tenendo conto delle condizioni fotoprotettive costitutive e facoltative dell'utente.

B. Modulo misura irradianza efficace eritemica solare

Tale modulo ha lo scopo di misurare l'irradianza solare responsabile dell'effetto eritemico della cute umana.

Il modulo fornisce quindi la misura istantanea dell' irradianza eritemica efficace della radiazione solare, secondo lo spettro di azione eritemico per la cute umana.

Tale modulo fornisce almeno l'irradianza globale orizzontale, ed eventualmente anche quella globale normale, oppure fornisce dati dai quali tale/tali irradianze siano deducibili indirettamente (es. da dati satellitari dedicati all'osservazione della terra e dell'atmosfera).

C. Modulo centrale

Tale unità svolge almeno le seguenti operazioni:

- 1) acquisisce la minima dose eritemica (MED) specifica dell'utente nelle condizioni in cui egli si trova appena prima dell'esposizione, da un'altra unità esterna (ad esempio sistema esperto esterno remoto connesso telematicamente), oppure direttamente da altre fonti che dispongano di tale dato (es. utente stesso via terminale), oppure infine determinandola esso stesso (in quest'ultimo caso incorporando in se stesso il modulo sistema esperto A. o parte di esso)

- 
- 2) acquisisce in continuo in tempo reale direttamente dal modulo B. la misura dell'irradianza efficace eritemica e/o ricava in continuo indirettamente da tali dati e/o da altri dati disponibili (es. da analisi dati da satellite tramite rete telematica) i valori istantanei di irradianza globale orizzontale eritemica efficace e/o irradianza globale normale eritemica efficace relativi alle localita' in cui e' erogato il servizio
 - 3) misura in tempo reale la dose eritemica efficace associata ad un dato istante di start-up del servizio (es. orario dell'alba solare locale) e ai dati acquisiti di irradianza globale orizzontale eritemica efficace e/o irradianza globale normale eritemica efficace
 - 4) misura in tempo reale per ciascun utente, la dose eritemica efficace associata ad un dato istante di inizio esposizione del singolo utente e ai dati acquisiti di irradianza globale orizzontale eritemica efficace e/o irradianza globale normale eritemica efficace
 - 5) gestisce la presentazione in tempo reale su pannello informativo del seguente dato:
 - a. dati relativi alla dose eritemica di cui al punto 3) a partire dal tempo di start-up
ed eventualmente di:
 - b. dati relativi alle irradianze di cui al punto 2)
 - c. per ciascun utente, la stima del tempo di esposizione residuo per raggiungere la dose eritemica critica legata al MED di cui al punto 1)

Il modulo Centrale inoltre puo' svolgere le seguenti funzioni :

6) per ciascun utente prima che inizi l'esposizione, fornisce una stima preliminare dei tempi d'esposizione ottimali, nell'approssimazione di condizione meteorologica costante e/o di caso piu' critico di cielo sereno, tenendo conto almeno dei seguenti parametri negli algoritmi di calcolo:



- a) dose minima eritemica (MED) dell'utente
- b) data ed orario in cui dovrebbe iniziare l'esposizione dell'utente
- c) coordinate geografiche del luogo
- d) evoluzione temporale della posizione del sole relativa alla localita' geografica in questione (angolo di zenith ed eventualmente azimuth per sensori UV non isotropi)
- e) eventuale fattore di protezione (SPF) dell'agente fotoprotettivo applicato dall'utente secondo condizioni standard e definito secondo gli standard internazionali (es. COLIPA e FDA [7] e [8]).
- f) irradianza globale orizzontale eritemica efficace e/o irradianza globale normale eritemica efficace del momento presente
- g) irradianza UV eritemica efficace globale orizzontale e/o normale prevista per ogni istante futuro durante l'esposizione nel caso di condizioni meteorologiche stazionarie

e/o in alternativa a (f) ed (g)

- h) irradianza UV eritemica efficace globale orizzontale e/o normale prevista per ogni istante futuro durante l'esposizione nel caso di condizioni meteorologiche di cielo sereno associate a uno o piu' fattori quali:

livello di ozono stratosferico locale

livello di aerosol locale

livello di umidità dell'aria locale

concentrazioni locali di inquinanti troposferici

riflettività UV del suolo locale (albedo)

altitudine del luogo

7) per ciascun utente prima che inizi l'esposizione, fornisce la stima del fattore di protezione (SPF) della sostanza fotoprotettrice da applicare alla pelle dell'utente in condizioni standard, in funzione dei seguenti parametri, nell'ipotesi di condizioni meteorologiche attuali e/o nell'ipotesi più critica di cielo sereno:

- a. dose minima eritemica (MED) dell'utente
- b. data ed orario in cui dovrebbe iniziare l'esposizione dell'utente
- c. coordinate geografiche del luogo
- d. intervallo temporale di durata dell'esposizione desiderata (limitato ad un valore di sicurezza massimo impostabile)
- e. evoluzione temporale della posizione del sole relativa alla località geografica in questione (angolo di zenith ed eventualmente azimuth per sensori non isotropi)
- f. irradianza globale orizzontale eritemica efficace e/o irradianza globale normale eritemica efficace del momento presente
- g. irradianza UV eritemica efficace globale orizzontale e normale prevista per ogni istante futuro durante l'esposizione nel caso di condizioni meteorologiche stazionarie

e/o in alternativa ad f. ed g.

h. irradianza UV eritemica efficace globale orizzontale e normale prevista per ogni istante futuro durante l'esposizione nel caso di condizioni meteorologiche di cielo sereno associate ad uno o piu' dei seguenti fattori:

livello di ozono stratosferico locale

livello di aerosol locale

livello di umidita' dell'aria locale

concentrazioni locali di inquinanti troposferici

riflettivita' UV del suolo locale (albedo)

altitudine del luogo

8) gestisce in tempo reale per ciascun utente i segnali di start/stop esposizione, ed eventualmente il segnale di start e/o di stop generati dal terminale utente remoto nel caso sussista un link bidirezionale.

D. Modulo presentazione dati utente

Rende visibile, direttamente dal luogo in cui gli utenti si trovano ad esporsi al sole ed in tempo reale, il seguente dato:

- dati relativi alla dose eritemica di cui al punto C.3 a partire dal tempo di start-up servizio

ed eventualmente anche i seguenti dati :

- dati relativi alle irradianze di cui al punto C.2
- per ciascun utente, la stima del tempo di esposizione residuo per raggiungere la dose eritemica critica legata al MED di cui al punto C.1

Il sistema puo' eventualmente essere corredato dei seguenti moduli accessori:

E. Modulo gestione link terminale remoto utente

Tale unita' gestisce la trasmissione dati dal modulo centrale del sistema verso ciascun utente ed, eventualmente nel caso il link sia di tipo bidirezionale, la ricezione da parte di ciascun utente dotato di terminale remoto, di almeno la segnalazione relativa all'evento di start e/o stop dell'esposizione.



F. Terminale remoto utente

Tale dispositivo, univocamente assegnato a ciascun utente, gestisce la ricezione ed eventualmente la trasmissione verso il sistema, di almeno la segnalazione relativa all'evento di start e/o di stop dell'esposizione alla radiazione solare dell'utente.

Il link E- F puo' essere sfruttato eventualmente anche per scambiare altri tipi di informazioni tra unita' centrale ed utenti ed essere implementato in qualunque modo (link a radiofrequenza, link telematico, link telefonico, ...) in modo unidirezionale o bidirezionale.

Inoltre, tutte le funzioni con l'eccezione della funzione C. 3 e della C. 5.a possono essere svolte da ciascun terminale utente remoto informato dei dati necessari dal modulo centrale C. attraverso il link E.-F.

Algoritmi caratteristici

L'apparato nei suoi diversi moduli, utilizza i seguenti metodi di misura e di calcolo:

A. Modulo sistema esperto

Determinazione della dose eritemica minima (MED) dell'utente mediante algoritmo di correlazione di tale parametro specifico dell'utente con i dati acquisiti nelle seguenti modalita':

1) Dati da questionario (anamnesi fotodermatologica)

Il questionario richiede almeno dati caratteristici del fenotipo dell'utente, delle sue abitudini ed esperienze riscontrate relativamente alle passate esposizioni della propria pelle alla radiazione solare. Ad esempio si veda [1] e [2].



2) Dati da uno strumento ottico o opto-elettronico che sfrutta la radiazione elettromagnetica visibile e/o infrarossa emessa da una o più sorgenti e fornisce dati in funzione delle misure della radiazione riflessa e/o retrodiffusa dalla cute e della radiazione emessa dalla sorgente incidente sulla cute

Lo strumento ottico può sfruttare la luce riflessa direttamente dalla cute (es. colorimetria cutanea) oppure la radiazione retrodiffusa dai diversi strati della cute (es. spettrofotometria cutanea) per una o più lunghezze d'onda.

3) integrazione dati dalle sopra citate modalità 1) e 2)

B. Modulo misura irradianza efficace eritemica solare

Tale modulo deve almeno fornire l'irradianza eritemica efficace globale orizzontale, ed eventualmente anche quella globale normale oppure dati dai quali tale/tali quantità siano deducibili indirettamente (es. dati da satelliti per osservazione della terra). A tale scopo il modulo può essere eventualmente equipaggiato con più sensori (es. spettroradiometro "shadow-band") per misurare direttamente o ricavare indirettamente le diverse componenti della radiazione solare necessarie al calcolo, utilizzando eventualmente anche l'informazione sull'angolo di zenith solare z , calcolato in base alle coordinate geografiche ed alla data ed orario locali.

In figura 2 e' mostrato un esempio di spettro di azione eritemico, definito tra 280 e 400 nm.



Il modulo puo' sfruttare sia misuratori basati su sensori a banda larga (es. Yankee Environmental Systems Model UVB-1 Pyranometer) oppure spettroradiometri con risposta Lambertiana (es. Glen Spectra Ltd. OL754-PMT), la cui misura viene poi utilizzata secondo la seguente formula per la determinazione dell'irradianza eritemica efficace:

$$E_{eff}(t) = \int_0^{\infty} S(\lambda, t) \cdot A(\lambda) d\lambda$$

dove:

λ indica la lunghezza d'onda

t indica il tempo

$E_{eff}(t)$ = irradianza eritemica efficace al tempo t (es. W/m²)

$S(\lambda, t)$ = irradianza spettrale misurata dallo spettroradiometro (es. W/(m²*nm))

$A(\lambda)$ = spettro di azione eritemico (es. spettro d'azione eritemico CIE)

Infine il modulo puo' fornire dati caratteristici dell'atmosfera (es. strato di ozono stratosferico, caratteristiche delle nubi presenti, aerosol, vapore acqueo,...) in modo da consentire la stima indiretta dei valori di irradianza tramite calcoli appropriati (es. modelli di trasferimento radiativo).

Inoltre la misura deve comunque rispettare la dipendenza angolare dalla direzione della radiazione incidente della pelle umana che risulta di tipo Lambertiano (risposta coseno).

C. Modulo centrale

Il modulo centrale svolge le seguenti operazioni:

1) acquisizione e/o calcolo di :

a) irradianza eritemica efficace globale orizzontale G_h ed eventualmente irradianza eritemica efficace globale normale G_n
Tale parametro può essere direttamente acquisito o calcolato sulla base dei dati forniti dal modulo di misura B. e/o calcolato indirettamente dal modulo centrale sfruttando dati provenienti da altre fonti (es. dati satellitari) in base a modelli di calcolo (es. modelli di trasferimento radiativo).



2) calcolo della dose efficace eritemica a partire da un'istante di start-up $t_{startup}$

a) dose eritemica efficace globale orizzontale

Il calcolo di tale dose all'istante $t > t_{startup}$ avviene secondo la seguente formula:

$$DoseGh(t) = \int_{t_{startup}}^t G_h(t) dt$$

b) dose eritemica efficace globale normale

Il calcolo di tale dose all'istante $t > t_{startup}$ avviene secondo la seguente formula:

$$DoseGn(t) = \int_{t_{startup}}^t G_n(t) dt$$

3) calcolo della dose efficace eritemica a partire da un dato istante t_{start_i} associato all'utente i-esimo

Il calcolo di tale dose avviene per l'utente i-esimo secondo le stesse formule descritte al punto 2), dove l'integrale anziché dall'istante di start-up viene calcolato a partire da t_{start_i} .

4) gestione del segnale di start e stop esposizione utente i-esimo

La gestione del segnale di start (t_{start_i}) può avvenire immediatamente o in modo ritardato, eventualmente sulla base di un segnale ricevuto dal modulo centrale proveniente dell'utente secondo un qualsiasi canale (es. link bidirezionale modulo centrale e terminale utente).

La generazione dei segnali di stop da parte del modulo centrale avviene all'istante t_{stop_i} al verificarsi di almeno una delle seguenti condizioni di dose critica e quindi di allarme:

$$a. \text{DoseStop_i_}G_n(t_{stop_i}) = Kh_i * MED_i$$

$$b. \text{Dose Stop_i_}G_n(t_{stop_i}) = Kn_i * MED_i$$

dove Kh_i e Kn_i sono due costanti adimensionali minori o uguali di 1, definibili in base a diversi criteri di sicurezza ed eventualmente personalizzati per ciascun utente, e MED_i rappresenta la dose eritemica minima caratteristica dell'utente i -esimo.

I segnali di stop per ciascun utente possono essere anche più di uno, riportando all'utente diversi livelli di sicurezza nell'esposizione.

E' da notare che tali segnali non sono direttamente correlati al livello di radiazione (irradianza) UV istantaneo, che può quindi assumere qualunque valore durante l'esposizione dell'utente (es. variazioni dovute a condizioni meteorologiche), bensì alla dose di energia accumulata a partire da t_{start_i} .

Il segnale di stop può essere eventualmente generato anche dall'utente prima di aver assunto l'intera dose di sicurezza e tale segnale quindi essere ricevuto dal modulo centrale che eventualmente provvede a registrare e gestire tale evento (es. pausa temporanea dell'esposizione).

5) Acquisizione e presentazione all'utente i -esimo del MED e della dose accumulata a partire da $t=startup$

Il MED dell'utente i -esimo viene acquisito dal modulo sistema esperto ed il valore di dose critica $DoseStop_i$ viene fornito all'utente con un qualsiasi mezzo di comunicazione prima che dia inizio all'esposizione.

Il valore della dose accumulata dall'istante di startup (istante comunque precedente a qualunque $tstart_i$ per qualunque utente i) viene aggiornato in tempo reale sul modulo di presentazione dati utenti.

In tal modo il valore di dose critica $DoseStop_i$, fornito all'utente nelle stesse unità di misura con in cui è calcolato e fornita la dose accumulata a partire da startup, può essere utilizzato dall'utente per verificare quanta dose ha accumulato a partire da $tstart_i$ nel seguente modo:

- all'istante $tstart_i$, quando l'utente i -esimo inizia l'esposizione, egli conosce dal modulo di presentazione dati il valore di dose accumulata fino a tale istante a partire da $tstartup$ ($DoseStartup(tstart_i)$)
- in qualunque istante successivo a $tstart_i$ l'utente può calcolare la dose da lui accumulata a partire da $tstart_i$ secondo la seguente relazione:

$$Dose(t) = DoseStartup(t) - DoseStartup(tstart_i)$$

quindi, conoscendo la propria dose critica (es. $DoseStop_i = Kh_i * MED_i$) può verificare in ogni istante $t > tstart_i$ se egli ha già assunto la sua dose critica oppure se può ancora rimanere esposto al sole per raggiungerla, confrontando i valori di $Dose(t)$ e $DoseStop_i$.

Se l'utente dispone di un terminale utente in cui sono state trasferite alcune funzioni svolte del modulo Centrale C. , ed ha ricevuto il valore di dose critica, il valore di t_{start} e riceve da tale modulo il valore $DoseStartup(t)$ istantaneo, può esso stesso fornire all'utente l'informazione della dose residua.

Nel caso riceva anche il valore d'irradianza eritemica efficace, può calcolare e fornire all'utente una stima del tempo residuo per assumere la propria dose critica, basandosi sull' algoritmo 6) o altri suoi equivalenti semplificati.

6) Stima del tempo di esposizione per l'utente i-esimo

Allo scopo di dare un'indicazione all'utente dei tempi di esposizione associati alle dosi critiche di radiazione eritemica efficace possono essere effettuate le seguenti stime:

a. Tempo necessario all'utente i-esimo per assumere una dose critica

$DoseGh_i = Kh_i * MED_i$ a partire da un istante assegnato (t_{start}) in condizioni meteorologiche stazionarie

Dati di input

- MED_i : dose minima eritemica caratteristica dell'utente i-esimo
- Coefficiente di sicurezza Kh_i
- $IrrGh(t_0)$: irradianza UV eritemica efficace globale orizzontale al momento presente
- (Lat, Lng, Alt) : coordinate geografiche locali quali latitudine, longitudine, altitudine
- t_0 : data ed ora (definita almeno fino al minuto) del momento presente

- t_{start_i} : data ed ora (definita almeno fino al minuto) in cui l'utente dovrebbe iniziare l'esposizione
- SPF: valore del fattore di protezione dell'agente fotoprotettivo eventualmente applicato sulla cute dell'utente in quantita' e condizioni standard

Algoritmo

- Calcolo dell'angolo di zenith (ed eventualmente dell' azimuth solare)

$$SZA(t) = f(Lat, Lng, Alt, t) \quad \text{Vedi ad esempio [6]}$$

- Calcolo dell'irradianza irradianza UV eritemica efficace globale orizzontale all'istante $t \geq t_0$

$$IrrGh(t) = IrrGh(t_0) * (MIF_h(t)/MIF_h(t_0))$$

dove $MIF_h(t) = MIF_h(SZA(t))$ e' una funzione che esprime la frazione della massima irradianza globale orizzontale ottenibile in condizioni di sole allo zenith nelle condizioni meteorologiche relative al tempo t_0 , come funzione dell'angolo di zenith SZA.

- Calcolo dell'istante t_{stop_i} previsto in cui sara' accumulata la dose $DoseGh_i$

Il tempo $t > t_{start_i}$ per cui si prevede sia stata assunta sul piano orizzontale la dose $Dose(t)$ soddisfa alla seguente relazione:

$$Dose(t) = (1 / SPF) \int_{t_{start_i}}^t IrrGh(t_0) \cdot (MIF_h(t) / MIF_h(t_0)) dt$$

Calcolando l'integrale di cui sopra per $t > t_{start_i}$ crescenti,
il tempo t_{stop_i} per il quale sara' assunta la dose $DoseGh_i$

$$MED_i = (1 / (SPF * Kh_i)) \int_{t_{start_i}}^t IrrGh(t_o) \cdot (MIF_h(t) / MIF_h(t_o)) dt$$

= $Kh_i * MED_i$ risultera' quindi dal primo valore di t per cui
la seguente identita' si trovera' verificata:

- b. *Tempo necessario all'utente i-esimo per assumere una dose $DoseGn_i = Kn_i * MED_i$ a partire da un istante assegnato (t_{start_i}) in condizioni meteorologiche stazionarie*

Dati di input

Come caso a. precedente dove al posto di $IrrGh(t_o)$ e' data $IrrGn(t_o)$ irradianza UV eritemica efficace globale normale al momento presente ed al posto del coefficiente di sicurezza per la radiazione globale orizzontale Kh_i e' dato il coefficiente Kn_i relativo alla radiazione globale normale.

Algoritmo

Come caso nel caso a. precedente dove al posto di $MIF_h(t)$ e' utilizzata un'analogia funzione $MIF_n(t) = MIF_n(SZA(t))$ che esprime la frazione della massima irradianza globale normale ottenibile in condizioni di sole allo zenith nelle condizioni meteorologiche relative al tempo t_o , come funzione dell'angolo di zenith SZA.

- c. *Tempo necessario all'utente i-esimo per assumere una dose $DoseGh_i = Kh_i * MED_i$ a partire da un istante assegnato (t_{start_i}) in condizioni di cielo sereno*

Dati di input

- MED_i : dose minima eritemica caratteristica dell'utente i-esimo
- Coefficiente di sicurezza Kh_i
- (Lat, Lng, Alt) : coordinate geografiche locali come latitudine, longitudine, altitudine
- $tstart_i$: data ed ora (definita almeno fino al minuto) in cui dovrebbe iniziare l'esposizione
- SPF: valore del fattore di protezione dell'agente fotoprotettivo eventualmente applicato sulla cute dell'utente in quantita' e condizioni standard
- O3: valore attuale, tipico per cielo sereno e periodo dell'anno o minimo del livello di ozono stratosferico locale
- Aer: valore attuale, tipico per cielo sereno e periodo dell'anno o minimo livello di aerosol locale
- H2O: valore attuale, tipico per cielo sereno e periodo dell'anno o minimo del livello di umidita' dell'aria locale
- Trop: valore attuale, tipico per cielo sereno e periodo dell'anno delle concentrazioni degli inquinanti troposferici con spettro di assorbimento nell' ultravioletto
- R : riflettivita' UV stimata o misurata del suolo locale (albedo)

Algoritmo

- Calcolo dell'angolo di zenith (ed eventualmente dell' azimuth solare)

$$SZA(t) = f(Lat, Lng, Alt, t) \quad \text{Vedi ad esempio [6]}$$

- Calcolo dell'irradianza spettrale globale orizzontale

Si sfrutta un qualunque algoritmo di trasferimento radiativo per cielo sereno che fornisca il dato di irradianza spettrale globale orizzontale $SptIrrGh(\lambda)$ almeno nella finestra spettrale in cui e' definito lo spettro di azione eritemico, come ad esempio $\lambda_{min} \leq \lambda \leq \lambda_{max}$ (es. $280 \leq \lambda \leq 400$ nm):

$$SptIrrGh(\lambda, t) = f(SZA(t), Lng, Lat, Alt, O_3, H_2O, Trop, R, \lambda, t)$$

- Calcolo dell'irradianza efficace eritemica globale orizzontale

Si calcola l'irradianza eritemica efficace globale orizzontale al tempo t, $Eh_{eff}(t)$ dalla seguente formula :

$$Eh_{eff}(t) = \int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} SptIrrGh(\lambda, t) \cdot A(\lambda) d\lambda$$

dove:

λ : lunghezza d'onda

$\lambda_{min}, \lambda_{max}$: lunghezze d'onda per cui e' definito lo spettro di azione considerato

t : tempo

$Eh_{eff}(t)$ = irradianza eritemica globale orizzontale efficace al tempo t

$SptIrrGh(\lambda, t)$ = irradianza spettrale calcolata per il tempo t e lunghezza d'onda λ

$A(\lambda)$ = spettro di azione eritemico (es. spettro di Diffey - CIE)

- Calcolo dell'istante $tstop_i$ previsto in cui sara' accumulata la dose $DoseGh_i$

Il tempo $t > tstart_i$ per cui si prevede sia stata assunta sul piano orizzontale la dose $Dose(t)$ soddisfa alla seguente relazione:

$$Dose(t) = (1 / SPF) \int_{t_{start_i}}^t E_{h_{eff}}(t) \cdot dt$$

Calcolando l'integrale di cui sopra per $t > t_{start_i}$ crescenti, il tempo t_{stop_i} per cui sara' stata assunta la dose $DoseGh_i = Kh_i * MED_i$ risultera' quindi dal primo valore di t per cui la seguente identita' si trovera' verificata:

$$MED_i = (1 / (SPF \cdot Kh_i)) \int_{t_{start_i}}^t E_{h_{eff}}(t) \cdot dt$$

- d. *Tempo necessario all'utente i-esimo per assumere una dose $DoseGh_i = Kh_i * MED_i$ a partire da un istante assegnato (t_{start_i}) in condizioni di cielo sereno*

Dati di input

Identici a quelli del caso precedente C.

Algoritmo

Identico a quello del caso c. precedente, ad eccezione del fatto che al posto del calcolo dell'irradianza spettrale globale orizzontale si esegue il calcolo dell'irradianza spettrale globale normale e si utilizza il coefficiente di sicurezza relativo alla radiazione globale normale.

7) Stima del fattore di fotoprotezione per l'utente i-esimo

Allo scopo di favorire la permanenza in presenza della radiazione solare, soprattutto agli utenti che sono caratterizzati da valori di MED relativamente piccoli, il sistema puo' offrire la possibilita' di stimare il fattore di protezione della crema (SPF) ottimale in relazione al tempo di esposizione previsto a partire da un dato istante.

Dati di input

- MED_i : dose minima eritemica caratteristica dell'utente i-esimo
- Coefficiente di sicurezza Kh_i
- $IrrGh(t_0)$: irradianza UV eritemica efficace globale orizzontale al momento presente
- (Lat, Lng, Alt) : coordinate geografiche locali come latitudine, longitudine, altitudine
- t_0 : data ed ora (definita almeno fino al minuto) del momento presente
- t_{start} : data ed ora (definita almeno fino al minuto) in cui dovrebbe iniziare l'esposizione
- E_{time} : intervallo temporale di durata dell'esposizione desiderata (limitato ad un massimo impostabile di sicurezza)
- SPF: valore del fattore di protezione dell'agente fotoprotettivo eventualmente applicato sulla cute dell'utente in quantita' e condizioni standard



Algoritmo

Caso in cui ci si riferisce alla radiazione globale incidente sul piano orizzontale in condizioni meteorologiche stazionarie – rif 4.a. precedente:

- Calcolo dell'angolo di zenith (ed eventualmente dell' azimuth solare)

$$SZA(t) = f(Lat, Lng, Alt, t) \quad \text{Vedi ad esempio [6]}$$

- Calcolo dell'irradianza irradianza UV eritemica efficace globale orizzontale all'istante $t \geq t_0$

$$IrrGh(t) = IrrGh(t_0) * (MIF_h(t)/MIF_h(t_0))$$

dove $MIF_h(t) = MIF_h(SZA(t))$ e' una funzione che esprime la frazione della massima irradianza globale orizzontale ottenibile in condizioni di sole allo zenith nelle condizioni meteorologiche relative al tempo t_0 , come funzione dell'angolo di zenith SZA.



- Calcolo della dose $DoseGh_i$ accumulata nell'intervallo temporale $Etime$, a partire dal tempo $tstart_i$

$$DoseGh_i(tstart_i, Etime) = \int_{tstart_i}^{tstart_i + Etime} IrrGh(t_0) \cdot (MIF_h(t) / MIF_h(t_0)) dt$$

- Calcolo del fattore fotoprotettivo SPF teorico tale per cui l'utente i-esimo assuma una dose pari a $khi * MED_i$

$$SPF(tstart_i, Etime) = \frac{DoseGh_i(tstart_i, Etime)}{Kh_i \cdot MED_i}$$

Per ragioni di sicurezza, il numero SPF fornito in output viene definito come il primo numero intero maggiore del numero reale ricavato dalla formula teorica.

Per gli altri casi di :

- irradianza eritemica globale normale in condizioni meteo stazionarie
- irradianza eritemica globale orizzontale in condizioni di cielo sereno
- irradianza eritemica globale normale in condizioni di cielo sereno

sfruttando lo stesso principio e le modalita' di calcolo estratte dai punti 4b.

, 4c. e 4d. sopra descritti, e' possibile in modo del tutto analogo fornire la stima del rispettivo fattore SPF.

Il valore calcolati si riferiscono alle condizioni di impiego standard per cui e' definito il fattore SPF (es. quantita' di prodotto fotoprotettente di 2 mg/cm2) definite in [7] e [8].

8) Previsione dell' UV Index (indice UV) per il mezzogiorno solare locale in condizioni di meteo stazionarie

Il sistema e' in grado di prevedere, nell'ipotesi che le condizioni meteo si mantengano stazionarie, il valore di indice UV per il mezzogiorno locale.

Dati di input

- $IrrGh(t_0)$: irradianza UV eritemica efficace globale orizzontale al momento presente
- (Lat, Lng, Alt) : coordinate geografiche locali quali latitudine, longitudine, altitudine
- t_0 : data ed ora (definita almeno fino al minuto) del momento presente

Algoritmo

- Calcolo dell'angolo di zenit massimo ed il tempo del mezzogiorno locale (ed eventualmente dell' azimuth solare)
 $Max (SZA(t)) = \max (f(Lat, Lng, Alt, t)) \text{ per } t_0 < t < t_mday$
che fornisce $SZA_max = SZA(t_mday)$ ed il valore di t_mday
- Calcolo dell'irradianza irradianza UV eritemica efficace globale orizzontale all'istante t_mday del mezzogiorno locale

$$IrrGh(t_mday) = IrrGh(t_0) * (MIF_h(t_mday)/MIF_h(t_0))$$

dove $MIF_h(t) = MIF_h(SZA(t))$ e' una funzione che esprime la frazione della massima irradianza globale orizzontale ottenibile in condizioni di sole allo zenith nelle



condizioni meteorologiche relative al tempo t_0 , come
funzione dell'angolo di zenit SZA.

- Conversione dell'irradianza eritemica efficace globale orizzontale in unita' di misura UV Index secondo lo standard internazionale WMO utilizzato.



Esempi di dispositivi per la realizzazione del sistema

Modulo centrale:

Personal Computer o sito internet con applicativi SW dedicati, comprendenti gli algoritmi descritti ed eventualmente il sistema esperto o parte di esso, e periferiche per interfacciamento agli altri componenti del sistema

Modulo misura irradianza UV:

Yankee Environmental Systems (USA)

Model UVB-1 Pyranometer sensor

Dispositivo optoelettronico per sistema esperto:

Minolta (JP)

CR-200 colorimetro tristimulus

Sistema gestione eventi start/stop esposizione utenti:

Sistema ricetrasmittente a radiofrequenza multicanale (es. sistema di gestione messaggi SMS in tempo reale)

Terminali remoti utenti:

Dispositivo ricetrasmittente a radiofrequenza o terminale internet (es. telefono cellulare abilitato per ricezione/invio messaggi SMS in tempo reale o cellulare GPRS)

RIVENDICAZIONI

1. Apparato multiutente per la misura ed il controllo in tempo reale della dose di radiazione ultravioletta solare assunta da uno o più utenti, comprendente:

- almeno un modulo di misura diretta o indiretta dell'irradianza UV;
- almeno un modulo centrale d'acquisizione e/o calcolo continuo in tempo reale della dose eritemica efficace accumulata a partire da un dato istante t_{start} e della dose minima efficace eritemica (MED) associata all'utente i -esimo;
- mezzi per segnalare in tempo reale ad ogni utente il valore della dose residua prima del raggiungimento di una soglia prestabilita, legata al valore del MED specifico dell'utente;
- in cui detti moduli di misura, modulo centrale e mezzi di segnalazione sono in reciproca comunicazione

2. Apparato secondo la rivendicazione 1, comprendente mezzi per memorizzare e comunicare a detto modulo centrale la minima dose eritemica (MED) caratteristica dell'utente per il calcolo della soglia di dose eritemica efficace da attribuire ad esso.

3. Apparato secondo la rivendicazione 2, comprendente un sistema esperto in grado di determinare il valore di MED di ciascun utente e comunicarlo al modulo centrale, eventualmente anche tenendo conto della sua storia di esposizione alla radiazione solare.

4. Apparato secondo la rivendicazione 3, in cui tale sistema esperto comprende una anamnesi dermatologica per la determinazione della MED di uno o più utenti e l'invio dei dati caratteristici relativi a detto modulo



centrale per il calcolo della soglia di dose eritemica efficace da attribuire a ciascun utente.

5. Apparato secondo la rivendicazione 3, in cui tale sistema esperto comprende un dispositivo optoelettronico per la caratterizzazione della cute di uno o più utenti e l'invio dei dati caratteristici relativi a detto modulo centrale per il calcolo della soglia di dose eritemica efficace da attribuire a ciascuno.

6. Apparato secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, in cui detto modulo centrale comprende mezzi per la stima continua del tempo di esposizione residuo associato alla dose eritemica efficace residua per uno o più utenti e mezzi per la segnalazione ad essi di detto tempo residuo.

7. Apparato secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, in cui detto modulo centrale comprende mezzi di comunicazione per permettere a ciascun utente in ogni istante di determinare la dose accumulata a partire da un dato tempo t_{start} , per differenza tra il valore di un contatore di dose di riferimento al tempo t_{start} ed il valore presente del contatore, essendo la dose espressa nelle stesse unità di misura usate per la soglia di dose eritemica caratteristica dell'utente.

8. Apparato secondo la rivendicazione 7, in cui detti mezzi di segnalazione comprendono un pannello di segnalazione dei dati relativi all'accumulo di dose eritemica efficace.

9. Apparato secondo la rivendicazione 1, in cui detti mezzi di segnalazione comprendono almeno un sistema ricetrasmittente a radiofrequenza multicanale, per la trasmissione di dati ad uno o più terminali utente remoti.



10. Apparato secondo la rivendicazione 9, comprendente almeno un dispositivo ricetrasmittente a radiofrequenza o un terminale abilitato alla comunicazione via Internet, preferibilmente un telefono cellulare abilitato per ricezione/invio messaggi SMS in tempo reale o cellulare abilitato alla connessione a rete telematica (es. internet) .

11. Apparato secondo la rivendicazione 1, in cui detto modulo centrale comprende mezzi per la gestione di eventi start/stop esposizione utenti.

12. Apparato secondo la rivendicazione 1, in cui detto modulo di misura dell'irradianza efficace eritemica UV e' costituito da una centrale di elaborazione dati da satellite; detto modulo centrale e' costituito da un centro servizi su rete telematica internet; detti mezzi di segnalazione del valore della dose residua sono costituiti da una rete telematica (es. internet) di terminali utente remoti, tramite i quali ciascun utente può comunicare al modulo centrale le proprie coordinate geografiche (es. tramite sistema GPS integrato nel telefono cellulare).

13. Apparato secondo la rivendicazione 12, in cui detti terminali utente remoti consentono all'utente di comunicare con il modulo centrale in modo da interagire con il sistema esperto per la determinazione della propria MED.

Livorno il,

Emilio SIMEONE

212001 A000010

Fototipo	Abbronzatura	Scottatura	Capelli	Occhi	MED (J/m2)
I	mai	sempre	rossi	blu	200
II	talvolta	talvolta	biondi	blu/verdi	250
III	sempre	raramente	castani	grigi/castani	350
IV	sempre	mai	neri	castani	450

Figura 1



1-12001 A 000010

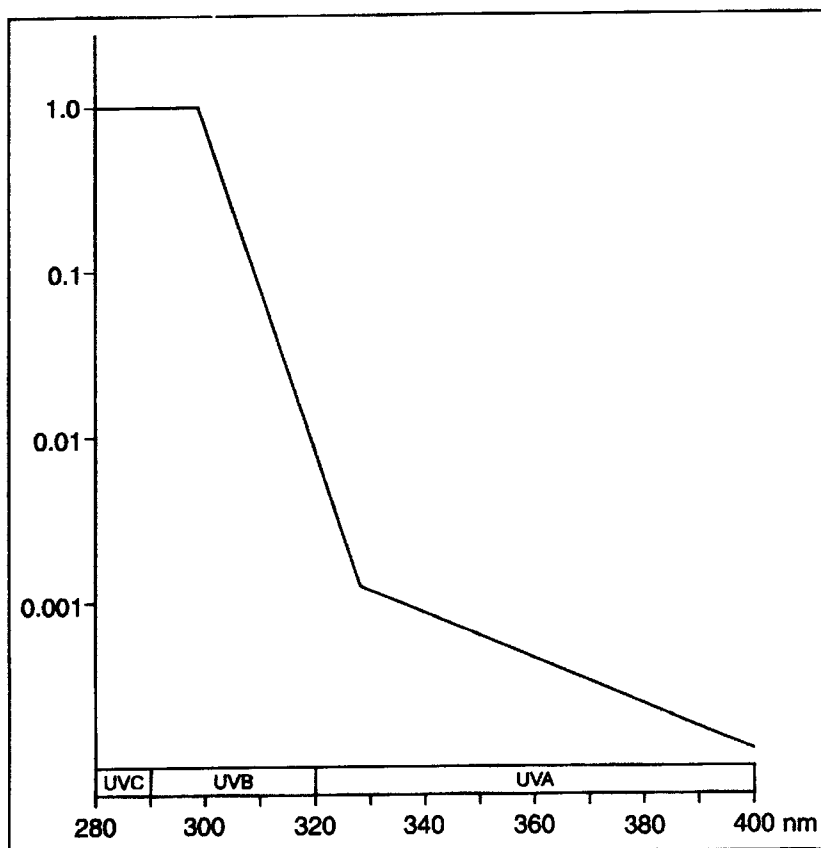


Figura 2

[Handwritten signature]

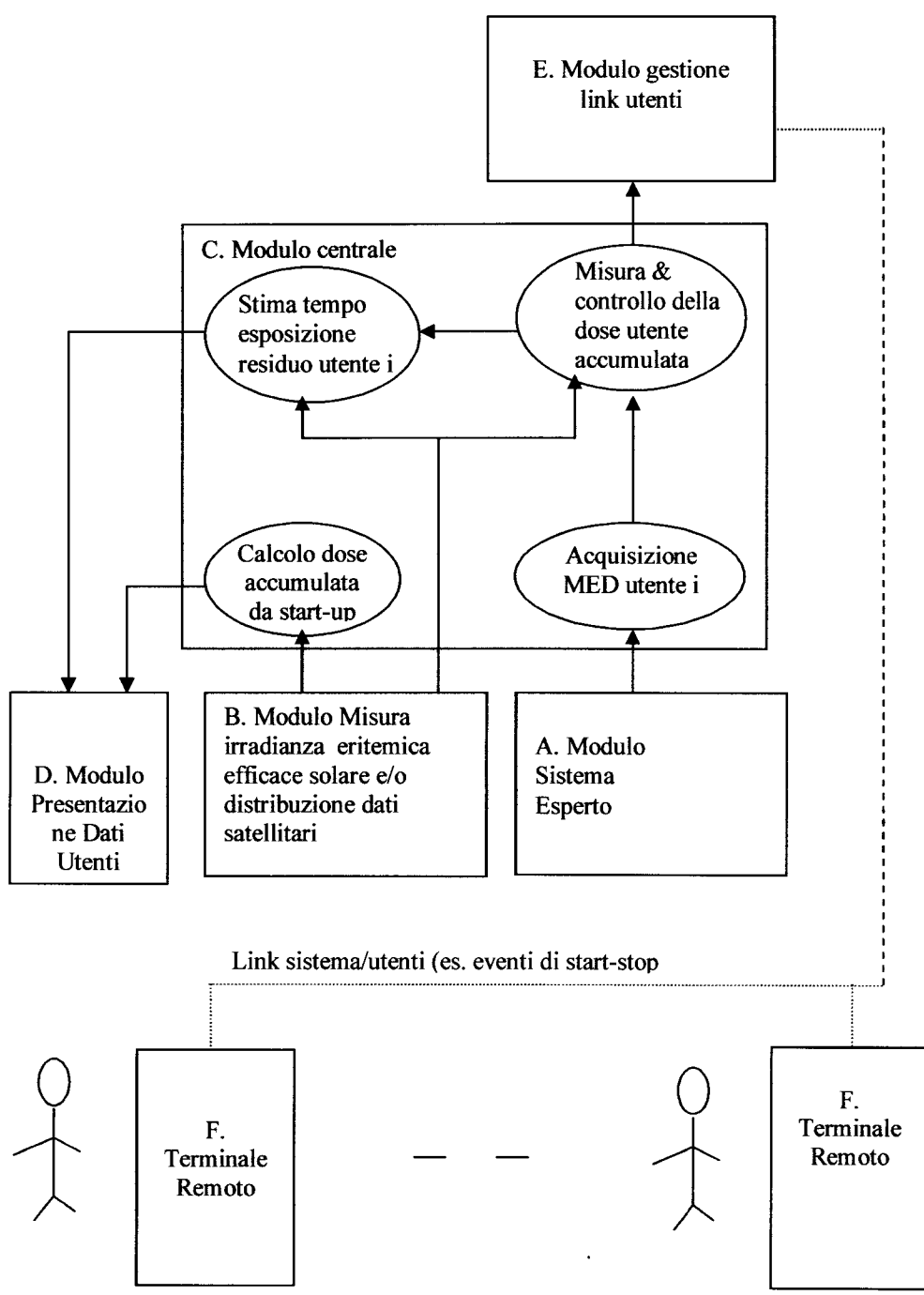


Figura 3

[Handwritten signatures]